



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta textilní



# TEPELNÁ VODIVOST VÍCEVRSTVÝCH STRUKTUR

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3108 – Průmyslový management  
*Studijní obor:* 3106T014 – Produktový management - Textil  
*Autor práce:* **Bc. Hana Budíková**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Jiří Militký, CSc.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Textile Engineering



# THERMAL CONDUCTIVITY OF MULTILAYER STRUCTURES

## Diploma thesis

*Study programme:* N3108 – Industrial Management  
*Study branch:* 3106T014 – Product Management - Textile  
*Author:* **Bc. Hana Budíková**  
*Supervisor:* prof. Ing. Jiří Militký, CSc.



Tento list nahradte  
originálem zadání.

## Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych chtěla poděkovat zejména prof. Ing. Jiřímu Militkému CSc., za vedení mé diplomové práce, odborné konzultace a cenné připomínky. Dále bych ráda poděkovala doc. Ing. Daně Křemenákové Ph.D., za pomoc při konzultacích mé diplomové práce a firmě Vochoc za poskytnutí materiálů a cenných informací.

Mé poděkování patří také mé rodině, která mi byla po celou dobu studia velkou oporou.

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá ochrannými vícevrstevnými textiliemi používanými do prostředí se zvýšenou tepelnou zátěží. Jedná se o oděvy pro hasiče, svářeče a další pracovníky, kteří se dostávají do styku s vysokými teplotami či otevřeným ohněm. Teoretická část práce zahrnuje rešeršní část a pasáže s obecným výkladem studované problematiky. V rešerši jsou popsány nároky na ochranné textilie proti vysokým teplotám z hlediska pohodlí a ochrany uživatele. Také jsou zde popsány způsoby testování a obecně nejpoužívanější materiály na ochranné oděvy proti teplu. Dále se v práci zabývám způsoby měření tepelných vlastností a potřebnými výpočty.

V experimentální části diplomové práce se zabývám jednotlivými konkrétními materiály dodanými společností Vochoc a jejich tepelný odporem, tepelnou vodivostí a tloušťkou, jak jednotlivých textilií, tak i celých sestav ochranných oděvů proti vysokým teplotám.

### **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Tepelná vodivost, Tepelný odpor, tloušťka, speciální vlákna, ochranný oděv proti vysokým teplotám

## **ANNOTATION**

This thesis deals with multi-layer protective fabrics used in environments with high temperatures. Garments for firefighters, welders and other workers who come into contact with high temperatures or flames. The theoretical part involves the state of art and the general interpretation of the studied problems. In the state of art part, there are described requirements on protective textiles for high temperatures in terms of comfort and protection of the user. There are also described methods of testing and generally the most widely used materials for this kind of protective clothing. Furthermore, the theoretical part describes methods for measuring thermal properties, specific test and the essential calculations.

The experimental part of the thesis deals with the thermal resistance of particular materials, supplied by Vochoc, their thermal conductivity and thickness of both textiles and entire sets of protective clothing against high temperatures.

### **KEY WORDS:**

Thermal conductivity, Thermal resistance, Thickness, Kevlar, Nomex, Kermel, Protective clothing against heat

Obsah:

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| PODĚKOVÁNÍ.....                                     | 5  |
| ANOTACE.....                                        | 6  |
| ÚVOD.....                                           | 10 |
| TEORETICKÁ ČÁST.....                                | 11 |
| 1 OCHRANNÉ TEXTILIE .....                           | 11 |
| 2 OCHRANNÉ ODĚVY PROTI VYSOKÝM TEPLOTÁM A OHNI..... | 12 |
| 2.1 Pohodlí .....                                   | 12 |
| 2.1.1 Fyziologický komfort .....                    | 12 |
| 2.1.2 Senzorický komfort .....                      | 14 |
| 2.1.3 Psychologický komfort.....                    | 14 |
| 2.1.4 Patofyziologický komfort.....                 | 15 |
| 2.2 Tepelná ochrana .....                           | 15 |
| 2.2.1 Metody testování .....                        | 15 |
| 2.3 Používané materiály pro ochranné textilie.....  | 23 |
| 2.3.1 Nomex .....                                   | 23 |
| 2.3.2 Kevlar .....                                  | 23 |
| 2.3.3 Technora .....                                | 24 |
| 2.3.4 Kermel .....                                  | 24 |
| 2.3.5 Lenzing FR .....                              | 24 |
| 2.3.6 Panox .....                                   | 25 |
| 2.3.7 Polytetrafluorethylen .....                   | 25 |
| 2.3.8 Polyuretanová folie.....                      | 25 |
| 3 MĚŘENÍ VLASTNOSTI NA PŘÍSTROJI ALAMBETA .....     | 25 |
| 3.1 Tloušťka materiálu.....                         | 26 |
| 3.2 Tepelný komfort .....                           | 27 |
| 3.3 Tepelná vodivost a tepelný odpor .....          | 28 |
| 3.4 Zaplnění .....                                  | 29 |
| 3.5 Poróznost .....                                 | 30 |



|       |                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------|----|
| 3.5.1 | Výpočet porózy                                           | 30 |
| 4     | POROVNÁNÍ STŘEDNÍCH HODNOT                               | 30 |
|       | EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST                                      | 32 |
| 5     | TESTOVANÉ VZORKY                                         | 33 |
| 5.1   | Oděv GoodPRO FR3 FireHorse                               | 33 |
| 5.2   | Ochranný oděv GoodPRO HR3 Petr                           | 36 |
| 5.3   | Ochranný oděv FR3 FireRex                                | 39 |
| 5.4   | Ochranný oděv FR4 FireBull                               | 41 |
| 6     | VÝPOČET ZAPLNĚNÍ A PORÓZY                                | 44 |
| 7     | STANOVENÍ TEPELNÉHO ODPORU, TEPELNÉ VODIVOSTI A TLOUŠŤKY | 46 |
| 7.1   | Tepelná vodivost                                         | 47 |
| 7.2   | Tepelný odpor a tloušťka                                 | 49 |
| 8     | VÝPOČET TEPELNÉHO KOMFORTU                               | 52 |
| 9     | POROVNÁNÍ POMOCÍ DVOUVÝBĚROVÉHO T- TESTU                 | 54 |
|       | ZÁVĚR                                                    | 55 |
| 10    | LITERATURA:                                              | 57 |
| 11    | Seznam obrázků:                                          | 62 |
| 12    | Seznam tabulek:                                          | 62 |
| 13    | Seznam příloh:                                           | 63 |
| 14    | Přílohy                                                  | 64 |

## ÚVOD

V této diplomové práci se zabývám ochrannými oděvy určenými do prostředí se zvýšenou tepelnou zátěží. Jedná se především o oděvy pro hasiče, svářeče a pracovníky, kteří se při své práci dostanou do kontaktu se sálavým (sálavé teplo je jeden ze způsobů šíření tepelné energie, při kterém těleso s vyšší tepelnou energií vyzařuje teplo a těleso s nižší tepelnou energií jej pohlcuje) či kontaktním teplem (při kterém se projeví vedení tepla (kondukce), je to jeden ze způsobů šíření tepla v tělesech, při kterém částice látky v oblasti s vyšší střední kinetickou energií předávají část své pohybové energie prostřednictvím vzájemných srážek částicím v oblasti s nižší střední kinetickou energií. Částice se přitom nepřemísťují, ale kmitají kolem svých rovnovážných poloh), ohněm nebo jsou vystaveni rozstříku taveniny. Na tyto ochranné oděvy jsou kladeny vysoké požadavky jak z hlediska ochrany, tak z hlediska pohodlí. Musí uživatele dostatečně chránit před zraněním způsobené působením tepla nebo ohně. Oděv by měl ideálně chránit tělo před vnějšími vlivy, ale zároveň by měl splňovat vysoké požadavky na ergonomii a fyziologické aspekty uživatele.

Diplomová práce je členěna do dvou částí. První část je teoretická, kde jsou uvedeny požadavky na ochranné textilie z hlediska ochrany a z hlediska pohodlí. Jsou zde popsány způsoby testování ochranných oděvů, proti různým druhům tepelného působení a testy popisující působení vysokých teplot na lidský organizmus. Dále jsou popsány běžně používané druhy materiálů odolných proti teplu a ohni a také materiály zaslané plzeňskou firmou Vochoc, zabývající se právě výrobou ochranných oděvů proti teplu. Jednotlivé dodané vzorky jsou zde popsány z materiálového složení jednotlivých vrstev, procentuálního zastoupení jednotlivých použitých materiálů v textiliích i jejich účelu a použití. V teoretické části jsou také vysvětleny vlastnosti měřené na poloautomatickém přístroji Alambeta a popsány teoreticky všechny vlastnosti zjišťované v experimentální části.

V experimentální části jsou testovány již zmíněné vzorky ochranných oděvů proti teplu od firmy Vochoc. Bylo navrženo několik experimentů. V práci je zkoumán tepelný odpor jednotlivých vzorků v závislosti na jejich tloušťce a porovnáván naměřený tepelný odpor s tepelným odporem teoreticky vypočítaným. Tyto vlastnosti jsou porovnávány jak na jednotlivých vrstvách oděvů, tak na kompletních oděvech. Dále bylo také zkoumáno, zda tepelný odpor závisí na uspořádání jednotlivých textilií v oděvu. Vzorky textilií byly kombinovány všemi možnými způsoby a měřeny na přístroji Alambeta. Výsledky byly

vyhodnocovány dle statistických testů. V práci je také porovnávána tepelná vodivost teoreticky vypočítaná s tepelnou vodivostí naměřenou na přístroji Alambeta. Také byl zjišťován tepelný komfort jednotlivých textilií i celých oděvů a byly vyhodnocovány soubory materiálů s nejlepšími výsledky.

Celá práce se věnuje ochranným oděvům proti vysokým teplotám konkrétně se jedná hlavně o oděvy pro hasiče a jejich tepelným vlastnostem. Nároky na tyto ochranné oděvy jsou vysoké a musí splňovat jisté standardy.

Cílem této práce bylo zjistit, zda se pomocí různých kombinací uspořádání jednotlivých vrstev textilií v oděvu či pomocí větší tloušťky jednotlivých textilií v ochranném oděvu nedají zlepšit tepelné vlastnosti ochranných oděvů proti vysokým teplotám.

## TEORETICKÁ ČÁST

### 1 OCHRANNÉ TEXTILIE

Ochranné textilie, chrání člověka před působením vnějších vlivů. Každý člověk chce pracovat v klidu a bezpečí. Některé obory však vyžadují speciální přístup, díky vlivům, které v daném prostředí působí. Za tímto účelem jsou vyvíjeny stále dokonalejší textilie pro ochranné oděvy, které zajistí jak bezpečí pracovníka, tak i vysokou míru oděvního komfortu. Tyto textilie chrání lidské tělo před teplem, ohněm, extrémním chladem, vodou, chemikáliemi, bakteriemi, radiací, mechanickým i elektrickým úrazům, řezným poraněním, balistickým poraněním apod.

Výrobní techniky pro výrobu ochranných textilií jsou tkaní, pletení NT (netkané textilie) a speciální zušlechťování (např. laminace). Mezi používané materiály patří jak vlákna klasická jako polypropylen, polyester, viskózová a bavlněná vlákna, tak speciální vlákna jako kovová, keramická, Aramidová a další.

## **2 OCHRANNÉ ODĚVY PROTI VYSOKÝM TEPLITÁM A OHNI**

Tyto materiály a oděvy z nich vyráběné by měly zajistit ochranu před konvenčním teplem, sálavým teplem, kontaktním teplem, rozstříkem tavenin a také by měly omezit šíření plamene. Již po dobu několika desetiletí je vývoj ochranných oděvů zaměřen na zlepšení bariérových efektů oděvů. Oděv by měl ideálně chránit tělo před vnějšími vlivy, ale zároveň by měl splňovat vysoké požadavky na ergonomii a fyziologické aspekty uživatele. Oděv, který nesplňuje požadavky na komfort a ochranu uživatele a je při práci nepříjemný, zvyšuje nebezpečí snížení kognitivního a fyzického výkonu uživatele. Požadavky na ochranu a pohodlí jsou často protichůdné. Proto je nezbytné nalézt rovnováhu mezi ochranou a pohodlím v závislosti na předpokládané metabolické produkci tepla a klimatickými podmínkami. Tento rozpor je pravděpodobně nejzřetelnější u ochranných oděvů proti vysokým teplotám. Musí se zde zabránit prostupu tepla přes oděv k tělu, ale zároveň musí být umožněno úniku metabolického tepla. Tělo se vlivem činnosti při vysokých teplotách rychle zahřívá a pot, který běžně tělo ochlazuje je pomaleji odváděn od těla vlivem menší propustnosti textilie. Tím, dochází k přehřívání organismu, což může mít velmi škodlivé následky. Ochranné oděvy proti vysokým teplotám a ohni dělíme na více druhů. Spadají sem ochranné oděvy pro hasiče, záchranáře, zásahové týmy armády, do hutního, petrochemického, energetického průmyslu atd. Ve všech odvětvích musí používané oděvy splňovat požadavky Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

### **2.1 Pohodlí**

Pohodlí je definováno jako absence nepohodlí, tj. absence bolesti nebo nepříjemných pocitů. Můžeme definovat čtyři základní typy pohodlí. Tepelný nebo termofyziologický komfort, senzorické pohodlí, psychologické pohodlí a nositelnost oděvu.

#### **2.1.1 Fyziologický komfort**

Fyziologický komfort se dá chápat jako stav organismu, někdy tento odborný výraz bývá nahrazen pojmem termofyziologický komfort. Celkově se jedná o stav, kdy termofyziologické funkce lidského organismu jsou na optimální hladině a člověk tento stav vnímá jako pocit pohodlí.

Termofyziologický komfort vychází ze dvou základních parametrů, kterými jsou tepelný a výparný odpor. Výparný odpor vypovídá o tepelných účincích vnímaných pokožkou, které vznikají v důsledku odparu potu. Výparný odpor se dělí na celkový výparný odpor ochranného oděvu a výparný odpor vnější přiléhavé vrstvy vzduchu - tzv. mezní vrstvy. Záleží tedy na tzv. vlhkostním gradientu.

Při zvýšené námaze reguluje tělo svou teplotu zvýšeným odvodem tekutin, ve formě potu. Při použití běžných přírodních textilních materiálů, které jsou velmi nasákavé a vlhkost je vázána přímo ve vláknech, se pot hromadí zejména v prádle. V následné klidové fázi se dostavuje pocit vlhka, prádlo začne chladit a to je nejen nepříjemné z hlediska zhoršení oděvního komfortu a psychické pohody, ale také vzrůstá riziko podchlazení celého organismu.

Tento problém je u ochranných oděvů částečně odstraněn použitím speciálních vláken, u kterých dochází k postupnému odvodu vlhkosti od těla. Aby vše správně fungovalo, musí odvod potu od pokožky zajišťovat všechny vrstvy oblečení. Velkým přínosem je použití funkčního prádla vyráběného z funkčních materiálů např. colmax (tvarovaný neboli vícelaločnatý polyester), které celý proces usnadňuje a urychluje. [1] [2]

#### **2.1.1.1 Teplota pokožky**

Lidské tělo má ve svých jednotlivých částech rozdílnou teplotu. Mezi nejvíce prokrvenou částí lidského těla a tudíž i části dosahující nejvyšších teplot cca 35 -36°C patří hlava, břicho, hrudní část a oblast ledvin. Periferní části těla, mezi které se řadí nohy a ruce mají teplotu asi 29 - 31°C. Naopak mezi nejchladnější části lidského těla se řadí ušní lalůčky, hrot nosu, konečky prstů, zde teplota dosahuje pouhých 23 -28°C. Každý člověk pociťuje tepelnou pohodu odlišně a je to v rozmezí 32 - 34°C. Je nutné podotknout, že mnoho jedinců se od tohoto průměru vychyluje a to v obou směrech.

#### **2.1.1.2 Vlhkost pokožky**

Kůže je ochranný obal lidského organismu, který vytváří přirozenou ochranu před vlivy všech druhů. Z hlediska pracovníka pracujícího ve vysokých teplotách jako jsou svářeči či hasiči, je kůže hlavním centrem hospodaření s vodou mezi vnějším okolím a lidským tělem. Množství vylučované vody tělem je závislé jednak na zdravotní a fyzické kondici, na druhé straně také na okolních klimatických podmínkách a fyzické námaze. Kůže produkuje vodu nejen potními žlázami, ale také povrchem pokožky. Vlhkost, která se vypařuje, způsobuje ochlazování pokožky, ale současně s tím zabraňuje dýchání pokožkou.

### **2.1.1.3 Dýchání pokožkou**

Jedná se o koloběh výměny  $O_2$  a  $CO_2$ , kdy kyslík vstupuje do organismu a váže se na krev a zpětně z organismu vystupuje oxid uhličitý z kůže do okolního prostředí. Mezi oděvem a kůží se tvoří specifická klimatická vrstva, která se nazývá mikroklima oděvu. Mikroklima oděvu je charakterizováno teplotou, relativní vlhkostí a obsahem  $CO_2$ . Všechny tyto hodnoty z velké míry ovlivňují celkový komfort.

Při výrobě textilních materiálů a následné komplementaci ochranného obleku je nutné přihlížet a hodnotit schopnost přenosu tepla, vodních par a celkové prodyšnosti kompletu tak, aby bylo dosaženo výše uvedených hodnot pro dosažení optimálního komfortu. [3]

### **2.1.2 Senzorický komfort**

Senzorický komfort zahrnuje vjemy a pocity uživatele při přímém styku pokožky a první vrstvy oděvu. Pocity spojené s tímto komfortem by měli být příjemné, jako například pocit měkkosti. Často však příjemné pocity mohou být vystřídány pocity nepříjemnými, jako jsou řezání, vlhkost, kousání a dalšími nepříjemnými okolnostmi. Tyto vlivy mohou mít za následek zhoršení celkové koncentrace uživatele na daný úkol s postupným odváděním jeho pozornosti. Takové zhoršení pozornosti, může mít nevratné následky na zdraví uživatele ale i na jeho bezprostřední okolí, ve kterém se právě nachází.[4]

### **2.1.3 Psychologický komfort**

Psychologický komfort se dělí na dva směry, kterými jsou klimatická a sociální hlediska. Klimatická hlediska ochranného obleku by měla být na vysoké úrovni, kterou hodnotí příslušná norma, mělo by se také přihlížet k tepelně - klimatickým podmínkám, které jsou vesměs dané geografickou polohou. V případě České republiky se jedná o podmínky konstantní, ale mohou se vyskytovat oblasti, kde dochází k větším výkyvům klimatických podmínek. Mezi tyto lokality se řadí zejména horské oblasti, na jejichž území je většinou nižší teplota, časté výskyty větrných poryvů a v neposlední řadě, větší úhrn srážek. Zejména v zimních měsících nemusí zcela vyhovovat pouze základní skladba prádla použitého s kombinací ochranného obleku.

Sociální hledisko z pohledu pracovníka pracujícího ve změněných teplotních podmínkách prakticky nepřipadá v úvahu, jelikož ochranné obleky proti vysokým teplotám používané v dnešní době jsou dle norem prakticky stejné.[6]

### **2.1.4 Patofyziologický komfort**

Patofyziologický komfort neboli patofyziologie je vědní obor, jehož hlavní náplní je studium vzájemné interakce v systému organismu - oděv. Toto studium přihlíží k působení chemických látek obsažených v materiálu, z kterých je ochranný oblek vyroben, ale také k působení a výskytu mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce.

Celkový pocit při vnímání komfortu může být při nošení ochranného zásahového obleku ovlivněn také působením patofyziologických neboli toxických vlivů. Tyto vlivy jsou vytvářeny působením mikroorganismů, tedy bakteriemi a plísněmi. Působení patofyziologických vlivů na lidský organismus se liší a to jednak rozdílnou odolností lidské pokožky vůči účinkům různých chemických látek, obsažených v textiliích a dále také závisí na podmínkách růstu běžně se vyskytujících mikroorganismů. Tento výskyt a působení uvedených vlivů je omezen povrchem lidského těla a vnitřní stranou ochranného obleku.[5][4][16]

## **2.2 Tepelná ochrana**

Je velmi důležité na oděvy uvádět informace o jejich tepelných vlastnostech. Tyto informace pomáhají lidem přežít ve většině zemských klimatech. Ochranná účinnost oděvu závisí na řadě parametrů, jako je například struktura textilie, jeho paropropustnost, absorpce a odpařování, schopnost odvádění tepla a přenos tepla a potu v oděvním systému na jednotlivé vrstvy (kondenzace, odpařování). Tepelné vlastnosti oděvu závisí nejen na vlastnostech jednotlivých vrstev používaných pro výrobu oděvu ale také na vlastnostech jednotlivých vrstev vzduchu uvězněných mezi kůží a oděvem a jednotlivými vrstvami textilií. Hlavní fyzikální procesy vyskytující se v textiliích jsou: suchá výměna tepla (kondukce, konvekce a radiace) a přenos vody a páry v kapalném skupenství (odpařování, kondenzace, sorpce). Kromě toho mají na tepelné chování oděvu vliv ještě další faktory jako kvalita zpracování oděvu, jak oděv jedinci sedí, držení těla, pohyb, povětrnostní podmínky atd.

### **2.2.1 Metody testování**

Laboratorní zkušební metody zabývající se měřením a testováním ochranných oděvů proti vysokým teplotám by měly simulovat tepelné nebezpečí tak přesně, jak je to jen možné. Musí být brány v potaz všechny podmínky, které mohou nastat. Nicméně je poměrně obtížné kompletně definovat všechny vlivy prostředí, do kterých se hasič, svářeč či jiný

pracovník pracující za zvýšených tepelných podmínek může dostat. Jsou ovlivněny jak ekologickými, fyzikálními, fyziologickými a psychologickými faktory, které mohou v interakci s požárem či teplem nastat. Obecně jsou tepelné podmínky klasifikovány do tří kategorií. Tyto klasifikace jsou označeny jako rutinní, nebezpečné a nouzové. [30]

#### **2.2.1.1 Rutinní podmínky**

Tyto podmínky se vztahují na osoby, které se k přímému ohni a sálavému teplu dostanou pouze z dálky. Pokud to vztáhneme kupříkladu na hasiče, tak se jedná o hasiče, který obsluhuje hadici u hydrantu apod. Podle výzkumu, který prováděli J.A. Foster a G.V. Roberts [28] v roce 1995, který byl zaměřen na měření prostředí pro hasiče, jsou navrhované limity 25 minut při 100°C a tepelném záření 1,10 joul/cm<sup>2</sup>sec [11kW/m<sup>2</sup>]. Podle práce N.J. Abbotta a S. Schulmana „Ochrana před ohněm: nehořlavé tkaniny a nátěry“ z roku 1976 se rozmezí přijatelných teplot pohybuje mezi 20 a 70 °C po dobu 10 až 20 minut a při tepelném záření < 0,16 joul/cm<sup>2</sup>sec [1.67 kW/m<sup>2</sup>]. [29]

#### **2.2.1.2 Nebezpečné podmínky**

Tyto podmínky byly N.J. Abbotta a S. Schulmana popsány také jako rutinní a je možné je tolerovat 10 až 20 minut s teplotou vzduchu od 70 do 300°C při tepelném záření 0,4 až 1,25 joul/cm<sup>2</sup>sec [4,0 až 12,56 kW/m<sup>2</sup>] [29]. Dle Fostera a spol. [28] je přijatelná teplota 160°C při tepelném záření 0,4 joul/cm<sup>2</sup>sec [4kW/m<sup>2</sup>] a může být tolerována až 10 minut.

#### **2.2.1.3 Nouzové podmínky**

Podmínky, při nichž vznikají vážné problémy a život ohrožující zranění. Foster a spol. [28] je definuje v rozsahu až za 235°C a 0,96 joul/cm<sup>2</sup>sec [10 kW/m<sup>2</sup>]. Podle Abbotta a spol.[29] jsou tyto podmínky v rozmezí teplot 300°C až 1200°C při záření 1,25 joul/cm<sup>2</sup>sec až 20,9 joul/cm<sup>2</sup>sec [12,56 - 209,34 kW/m<sup>2</sup>]. [30]

Proto například součástky pro piloty AČR musí splňovat tepelnou odolnost beze změn vlastností krátkodobě do 300 – 400 °C a kyslíkové číslo 28 – 30. Odolnost tkanin proti omezenému šíření plamene musí vyhovovat ČSN EN ISO 144116, index 3/5x95 (zkušební postup dle ČSN EN ISO 15025 a ČSN EN ISO 11612, třídy A, B1, C1.

Mezinárodní, americké a evropské normy popisují podmínky zpracování materiálů a oděvů, použití, testování a měření tepelných a vypařovacích vlastností pomocí nejrozličnějších tepelných zařízení. Ochranné materiály vyráběné pro ochranné oděvy proti teplu jsou takto zkoumány a je posuzována jejich vhodnost použití na výrobu těchto oděvů. Požadavky na ochranné oděvy proti vysokým teplotám jsou ošetřeny mezinárodními



normami (EN13537 2002; ISO15831 2004; ASTM F1291-05 2005; ASTM F2370-05 2005; ISO9920 2007). Další normy byly navrženy k testování vlastností textilií v ustáleném stavu (ISO11092 1993; ASTM F1868-02 2002; ASTM E96/E96M-05 2005) a do jisté míry se normy zabývají i dynamickými podmínkami (ASTM F2298-03 2003; ASTM D7024-04 2004). Tyto normy však nebyly dostatečné pro vyhodnocování dynamických vlastností materiálů a jejich fyziologických účinků na uživatele. [27]

Provádí se materiálové zkoušky, na nejrůznějších přístrojích, tepelných simulátorech a figurínách se provádí měření fyzikálních vlastností a testy na lidských subjektech hodnotí fyziologické a subjektivní reakce. Tyto testy se provádí ve speciálních klimatizovaných komorách. Ochranné oděvy proti vysokým teplotám se používají ke snížení sálavého tepla a tím ke snížení tepelného namáhání nositele. Úroveň ochrany je závislá na kombinaci zvoleného typu svrchního materiálu, výplňového materiálu i na správně zvoleném typu spodního materiálu a speciálního spodního prádla. Cílem zkoušek je určit, jaký vliv mají kombinace různých materiálů na výměnu tepla při různém stupni tepelného a fyzického zatížení. Tyto zkoušky se zabývají hlavně působením použitého ochranného materiálu přímo na lidský organismus.

Další druhy zkoušek se potom zabývají přímou odolností materiálu, vystaveného vysokým teplotám, ohni, rozstříku taveniny nebo zásahu elektrickým proudem. Oděvy jsou podrobovány standardnímu testu hořlavosti a také testům účinné tepelné ochrany (TPP). Tyto testy pak spolu s vývojem nových látek, se zlepšenými tepelnými vlastnostmi vedou k účinnějším ochranným oděvům. Zkouška hořlavosti ukazuje, jak oděv odolává planoucímu ohni a sálavému teplu. TPP testy nám zase říkají, jestli má oděv dostatečné izolační vlastnosti. V dnešní době jsou TPP testy důležitým zdrojem údajů týkajících se tepelného výkonu ochranného oděvu. Jeho nevýhodou je časové omezení. Testy jsou prováděny po dobu několika málo minut. To znamená, že TPP testy nedodají potřebné informace nezbytné pro hodnocení tepelné výkonnosti oděvu přes rozsah jedné minuty, což je důležitá otázka, protože mnoho popálenin vznikne z dlouhodobějšího působení tepla nebo ohně. Ke zranění, může kromě přímého kontaktu s ohněm, docházet také přitlačením oděvu na kůži. Kromě těchto mechanismů může výrazně ovlivnit ochranný výkon i vlhkost v ochranném oděvu. Oděvy, které jsou vlhké nebo mokré mají výrazně vyšší přenos tepla než suché oděvy. Pokud je oděv vlhký, může dojít ke zranění, způsobené odpařováním vlhkosti uvnitř oděvu např. (opaření či popálení párou). Vlhkost může také pomoci k ukládání tepelné energie v ochranném oděvu. [13] [14] [15]

#### **2.2.1.4 Testy účinnosti tepelných podmínek (TPP): test nouzových podmínek**

Hrozby při požární ochraně se vyznačují především vysokou intenzitou, krátkou dobou trvání expozice a potencionálně bezprostředním smrtelným ohrožením. Jak již bylo zmíněno jsou zde zahrnuty podmínky produkující tepelný tok v rozmezí 1,25 až více než 20,9 J/cm<sup>2</sup>sec [12,56 až 209,34 kW/m<sup>2</sup>]. Tolerance času pro setrvání v těchto podmínkách se měří na sekundy. Právě v těchto podmínkách mají ochranné oděvy a pomůcky poskytnout izolaci proti přenosu škodlivé úrovně tepla na kůži po dobu dostatečnou k tomu, aby se dotyčná osoba dostala do bezpečí. [13] [14] [31]

Při testování se používají dva laboratorní hořáky a zdroj sálavého tepla. Vzorky (6 x 6 palců) se umístěny do správné polohy a otevře se ochranný uzávěr. Teplo předávané přes zkoušený materiál je měřeno pomocí měděného kalorimetru. Kalorimetr se skládá z 18 gramového měděného disku o průměru 40 mm a tloušťce 1,6 mm s termočlánky umístěnými 10 mm od okraje 120 stupňů od sebe a s jedním uprostřed. Měděný disk je nalakovaný matně načerno a namontovaný na izolační desku. Při spojení míry oteplení s kalorimetrickou konstantou získáme výsledný tepelný tok. Zkouška se provádí teplotním čidlem. Účinnost tepelné ochrany zkoušené látky se stanoví porovnáním naměřených hodnot přenosu tepla ke kůži za určitý čas. Časová tolerance pro popáleniny druhého stupně se určí ze snímané odezvové křivky porovnáním stopy kalorimetru s tolerancí kůže na teplo s ohledem na čas. Hodnocení TPP je definováno jako celkově vystavená energie, které způsobí, že se převede dostatečné množství tepla, aby byly způsobeny popáleniny druhého stupně.[31] [32]

#### **2.2.1.5 TTP testy teplotních rozdílů v oděvu**

Možnost popálení se zvětšuje u rutinních a nebezpečných podmínek, při kterých je tok tepla menší než 1,3 J/cm<sup>2</sup> [13 kW/m<sup>2</sup>]. V těchto podmínkách obvykle lze vydržet několik desítek minut, při kterých nedochází ke znehodnocení ochranného oděvu. Předpokládá se, že k popáleninám by mohlo dojít v důsledku přenášení tepelné energie mezi jednotlivými složkami a záhyby oděvu, sálavým a konvenčním teplem. Následná komprese ohřívaného materiálu by v důsledku pohybu nebo vnějším přetlakem mohla způsobit vážné popáleniny při vypouštění uložené energie. Žádný standardizovaný laboratorní test v současné době pro hodnocení výkonnosti tepelné ochrany s ohledem na uložení tepelné energie naakumulované mezi materiály a záhyby ochranného oděvu neexistuje. Nicméně, teplo uložené mezi jednotlivými materiály a záhyby oděvu již bylo

podrobeno zkoumání a na základě tohoto průzkumu byly navrženy testy uložené energie. Tyto testy simulují přitlačení oděvu na tělo. Například při pohybu, ohýbání končetin nebo přitisknutím se na horký povrch, vyskytující se v prostředí požáru. Výstupy obsahují odhady doby, za kterou jsou způsobeny popáleniny druhého stupně. Teplotní čidlo používané při tomto testu je malé, oválného tvaru. Přesnost takového způsobu měření klesá při dlouhodobějším působení tepla. [31] [33] [34] [35] [40]

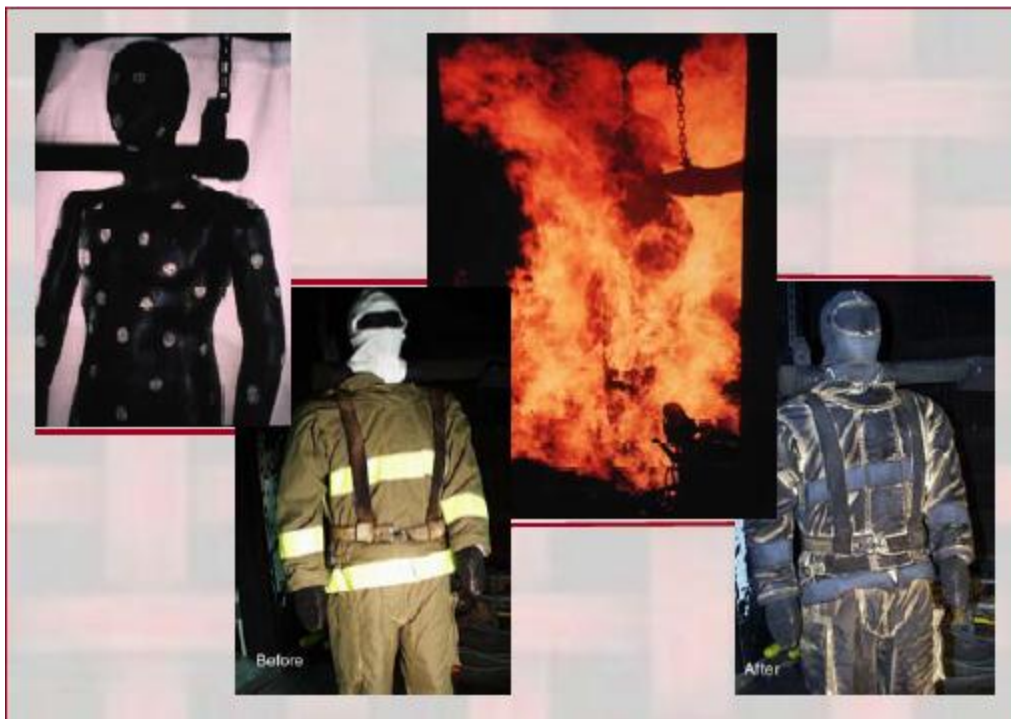
#### **2.2.1.6 Měření vlivu vlhkosti na účinnost tepelné ochrany**

Měření tepla v různých částech oděvu může být zkresleno přítomností vlhkosti v oděvu. To je důležitý faktor, neboť například hasiči s vodou pracují. Takto se může voda dostat do záhybů oděvu, oděv se nasákne. Teplo spolu s fyzickou zátěží způsobuje pocení, které vytváří vlhkost pod oděvem. Nahromaděnou vlhkost ovlivňuje i způsob vedení tepla přes oděv a jeho schopnost akumulovat tepelnou energii. Vlhkost přítomná v ochranných oděvech má vliv na přenos tepla a tím způsobené popáleniny. Zkušební metody na zjišťované této problematice nejsou zatím zcela dokonalé. Hlavní překážkou v rozvoji těchto metod je nedostatek základních znalostí o tom, jak je vlhkost absorbována ze všech zákoutí a záhybů vrstev oděvního systému a jak je vstřebávána. [31] [33-41]

#### **2.2.1.7 Tepelný test za použití speciálních figurín**

Tento test se vyvinul na úroveň, která umožňuje posouzení účinnosti ochranných oděvu a pomůcek v realisticky simulovaném prostředí požáru. Figurína je zpravidla muž s velikostí 40. Je vyrobena z vysoce nehořlavého polyesteru, který je vybaven 122 tepelnými čidly rozmístěnými rovnoměrně po přední a zadní části trupu (obr. 1). Každý snímač měří 0,82% konkrétní tělesné oblasti. Osm velkých průmyslových propanových hořáků je umístěno a upraveno tak, aby vytvořily kontrolovatelné podmínky požáru, který zcela pohltí figurínu. Vše je řízeno a kontrolováno počítačem. Obvykle bývá nastaven tepelný tok  $8,4 \text{ joule/cm}^2\text{sec}$  [ $84 \text{ kW/m}^2$ ] za 10 sekund. Zkouška probíhá v komoře opatřené systémem pro rychlé odsátí zplodin. Každý ze 122 tepelných čidel se skládá z termočlánků uložených ve figuríně v různých hloubkách. Snímače jsou jednotlivě kalibrovány pro přesné odečítání teploty a výpočet toku plochou. Čidla zaznamenávají teplotu každé 0,5 sekundy. Údaje o teplotě se spolu s jednorozměrným přechodovým modelem přenosu tepla používá pro výpočet tepelného toku v závislosti na čase. Vypočítaný tepelný tok se spolu s fyzikálními vlastnostmi tkání používá při odhadu tolerance tkání proti teple a popáleninám. Celková účinnost oděvu se potom určuje podle hodnot naměřených senzory, celkovým

akumulovaným teplem, procentem popálení figuríny spáleninami druhého a třetího stupně a schématem znázorňujícím intenzitu a rozložení hoření po celém povrchu figuríny [31] [42]. Standardizované postupy pro testy ochranných oděvů pomocí figurín jsou k dispozici pomocí norem ASTM [43].



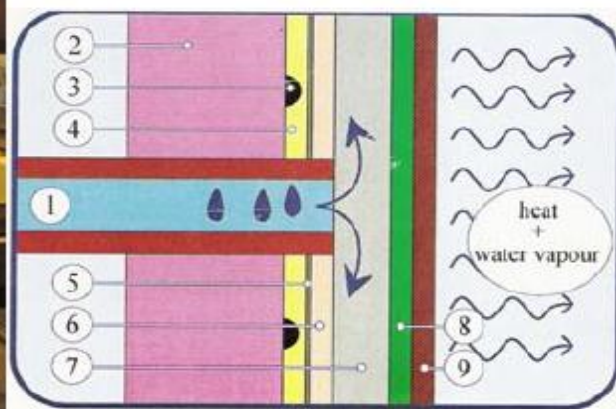
Obr. 1. Testování ochranných oděvů pomocí figurín

#### 2.2.1.8 Měření na potícím válci tzv. Sweating cylinder

Aby bylo možné na tomto přístroji simulovat lidské fyziologické reakce správně, systém měření teploty vyžaduje přesnou kalibraci. Z toho důvodu je válec naplněn vodou, která se udržuje na konstantní teplotě.



a)



b)

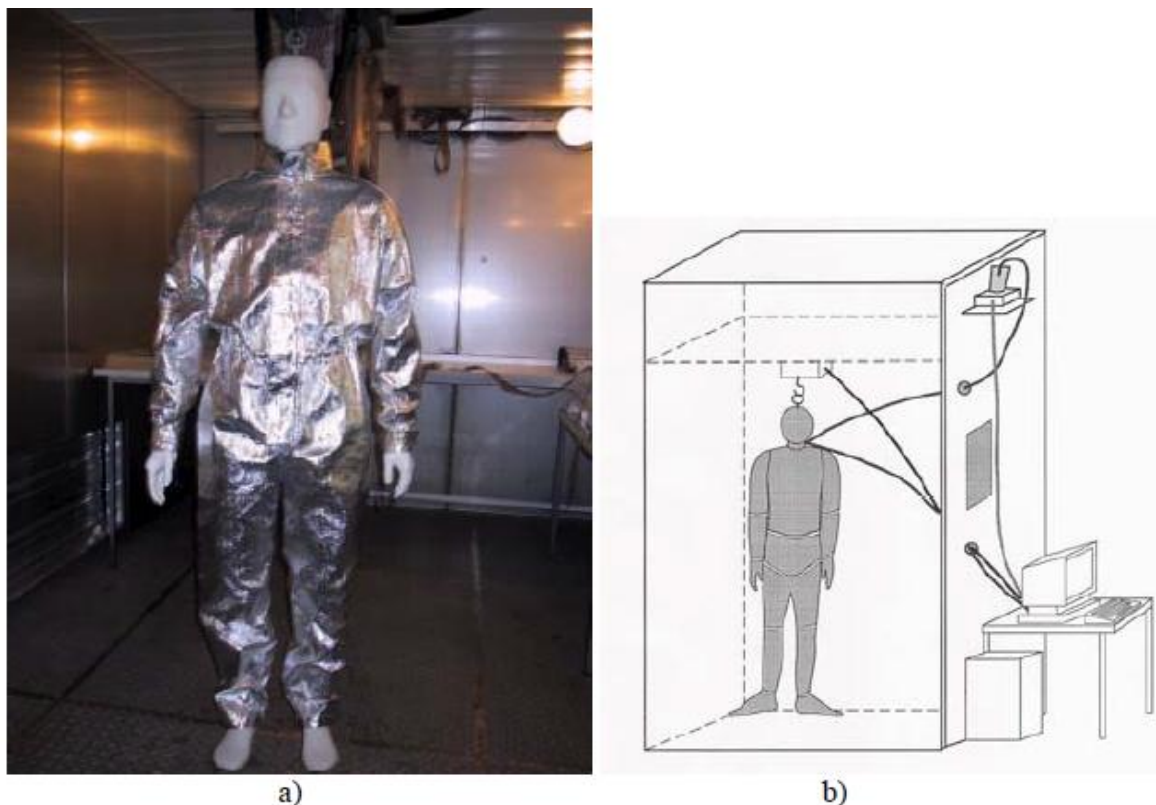
Obr. 2 a) Přístroj simulující pocení tzv. Sweating cylinder

b) Průřez potní žlázou

Obrázek 2a) ukazuje válec používaný při simulaci. Na obrázku 2b) je znázorněn průřez simulovanou potní žlázou a její funkce při odvodu potu. Na měřicím válci je umístěno 21 potních žláz. Jsou umístěny symetricky na měřicí ploše válce ve vrstvách. Předem dané množství vody je dodáváno do těchto simulovaných potních žláz a je rozváděno po ploše válce. Vnitřní hliníková trubice válce je potažena několika vrstvami syntetického materiálu simulujícího lidskou kůži. Válec je elektricky vytápěn na předem stanovenou teplotu pomocí topných drátů. Je 300 mm vysoký a v má 300 mm v průměru. Pro měření je důležitá povrchová teplota válce [ $^{\circ}\text{C}$ ], úroveň pocení [ $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ], doba zkoušení [min], okolní teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ] a vlhkost [%]. Měření se provádí nejprve bez simulace pocení (suchá zkouška, 90 min.) a poté zkouška pocení. Na základě naměřených hodnot se posléze počítá tepelný odpor, tepelná ztráta a tepelná odolnost. Samozřejmě existuje více druhů podobných zařízení, která jsou si více či méně podobná pracující na stejném či podobném principu. [8][9]

#### **2.2.1.9 Měření pocení pomocí teplem vyhřívaných figurín**

Figuríny bývají složité, křehké a drahé přístroje. Nicméně jsou ve velké míře využívaným nástrojem pro simulaci tepelných podmínek a vlastností. Simulují skutečné uživatelské podmínky, z nichž jsou získávána cenná data. Mají tvar člověka a měří všechny druhy tepelných ztrát ve všech směrech po celém těle za definovatelných místních ploch, které pak poskytují realistické simulace působení tepla. Povrch figuríny je rozdělen do 18 samostatných topných segmentů se 187 potními žlázami rozloženými na ploše. Pomocí počítače je na jednotlivých segmentech měřen příkon potřebný k udržení předem stanovené teploty povrchu. Z naměřených hodnot počítač vypočítá tepelný tok probíhající mezi segmenty a okolím. Měření spočívá v tom, že nejprve je změřen tepelný odpor samotného manekýna, bez vlivu oděvu. V dalším kroku se změří odpor manekýna s požadovanou oděvní vrstvou. Rozdíl těchto dvou odporů se potom rovná odporu měřené oděvní vrstvy. Na obrázku 3a) vidíme testovanou hliníkovou kombinézu na figuríně v klimatické komoře. [10] [11]



Obr. 3 a) Hliníková kombinéza testovaná na tepelné figuríně  
b) Schematický náčrt figuríny v klimatické komoře.

Klimatické podmínky při zkoušce jsou nastavitelné podle druhu a účelu testovaného oděvu. Na obrázku 3b) je potom znázorněn schematický náčrt zkoušení oděvu na figuríně v klimatické komoře.[10] [11] [37]

#### 2.2.1.10 Měření s lidskými subjekty

Pro simulaci různých tepelných zatížení se používá komora vybavená 30 keramickými panely instalovanými asi 3 m nad stropem komory. Tyto panely vydávají infračervené záření vlnové délky mezi 2 - 10  $\mu\text{m}$ , které jsou navedeny do komory přes odrazecí štíty. Studie musí být schválena etickým výborem. Testovaní lidé musí být zdraví a musí dát písemný souhlas s účastí ve studii. Při testech se bere v potaz věk testovaného, jeho tepová frekvence a teplota. Relativní vlhkost v komoře se pohybuje kolem 43%, rychlost proudění vzduchu 0,5m/s. Lidé jsou oblečeni do testovaných oděvů a jsou podrobeni testům v různých klimatických podmínkách při různém stupni fyzické zátěže. Množství absorbovaného potu a odpařené vlhkosti jsou stanoveny vážením osoby a oděvu před a po experimentu. Rychlost metabolismu je vypočtena dle normy ISO 8996 (2004), tepová

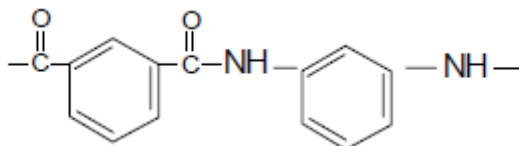
frekvence pak z výsledků elektrokardiogramu, teplota těla a kůže se zaznamenává pomocí termistorů. Naměřené výsledky jsou následně statisticky vyhodnocovány.[8] [11][12]

## 2.3 Používané materiály pro ochranné textilie

Materiály, které se pro oděvy chránící proti teplu používají nejčastěji, jsou: Kevlar, Nomex, Kermel, Lenzing FR, Technora atd. Tyto materiály jsou vyráběny ze speciálních vláken. Jako např. Aramidová vlákna, což jsou vlákna s dlouhým uhlovodíkovým řetězcem, z jehož peptických vazeb nejméně 85% musí být spojeno se dvěma aromatickými jádry. Označení aramid vzniklo ze spojení slov aromatický polyamid. Zpravidla se rozeznávají dvě skupiny: Meta-aramidy (metafenylen-izoftalamidy, zkráceně také MPIA), vynikají svou termickou odolností a elektroizolačními schopnostmi. Para-aramidy (p-fenylen-tereftalamidy, zkráceně PPTA) s podstatně vyšší pevností v tahu a s vyšším modulem pružnosti. Mezi běžná vlákna používané pro tyto oděvy řadíme bavlnu, viskózu, polyester s úpravami.

### 2.3.1 Nomex

Nomex je vlákno s vynikající nehořlavostí, pevností, tuhostí, pružností a trvanlivostí. Je registrovanou ochrannou známkou společnosti DuPont<sup>TM</sup>. Byl vyvinut počátkem 60. let 20. století. Toto vlákno je označováno jako první ze třídy tzv. vysoce výkonných speciálních vláken [22]. Jedná se o vlákno skupiny meta-aromatických polyamidů neboli M-aramidů. Nomex se vyznačuje hlavně svou odolností vůči ohni a vysokým teplotám a pro své elektrické izolační schopnosti. Standardně se připravuje polykondenzační reakcí aromatických diaminů a dikyselin. [18] [22] [24]



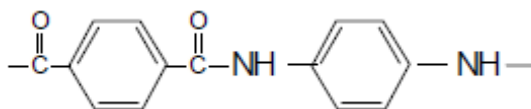
Obr. 4. Struktura Nomexu

### 2.3.2 Kevlar

Kevlar je stejně jako Nomex, registrovanou ochrannou známkou společnosti E.I. du Pont de Nemours and Company. Byl vyvinut zhruba o 10 let později než Nomex, v roce 1971. Kevlar patří do skupiny para-aromatických polyamidů neboli P-aramidů. Vyrábí se z poly-



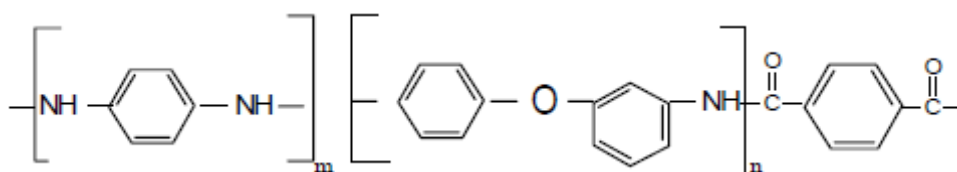
p-fenyletereftalamidových vláken. Vyznačuje se především vysokou pevností a modulem. Jeho nejznámějším způsobem využití je na balistickou ochranu do neprůstřelných vest. [17] [22] [25]



Obr. 5. Struktura Kevlaru

### 2.3.3 Technora

Technora je para-aramidové vlákno vyrobené z kopolymeru. Vlákno bylo vyrobeno firmou Teijin a je komerčně dostupné od roku 1987. Mezi hlavní vlastnosti patří: vysoká pevnost, dobrá odolnost proti únavě, dlouhodobá rozměrová stabilita a vynikající odolnost proti korozi, teplu, chemikáliím a slané vodě.[22] [50]



Obr. 6. Struktura Technory

### 2.3.4 Kermel

Kermel je registrovanou obchodní známkou společnosti Kermel. Je to polyamid-imidové vlákno (PAI). Odolává teplotám až do 1000°C po dobu několika sekund. Vlákno má vynikající mechanickou pevnost a chemickou odolnost. Má téměř kruhový průřez a nízký modul. Je barevně stálé a nežmolkuje. Kermelové vlákno je nezbytnou součástí většiny hasičských obleků. [19][50]

### 2.3.5 Lenzing FR

Viskózová vlákna využívající jako rozpouštědlo celulózy N - metylmorfolin - N oxid (NMMO) s obchodním názvem Lenzing FR byla přivedena na svět firmou Lenzing Aktiengesellschaft. Lenzing FR je speciální viskózové vlákno s úpravou zpomalující hoření. Značka FR znamená „odolný proti ohni“. Vlákna se používají do oděvů chránící proti ohni, sálavému teplu, roztavenému kovu i elektrickému oblouku.[21]



### 2.3.6 Panox

Panox je vlákno vhodné do protipožárních textilií. Jedná se o povrchově karbonizované tepelně stabilizované polyakrylonitrilonové vlákno, které má výborné tepelné vlastnosti. Díky vysoké hodnotě LOI (Limitní kyslíkové číslo) je Panox nehořlavý, vysoce tepelně stabilní, ideální do tepelných a zvukových izolací a technických textilií. Typickými aplikacemi jsou požár blokující látky pro sezení v letadle, ve vlaku, autobusech a autech nebo ochranné oděvy pro hasiče, ozbrojené síly, policejní složky závodní jezdce a pro pracovníky v hutním průmyslu. [44] [51]

### 2.3.7 Polytetrafluorethylen

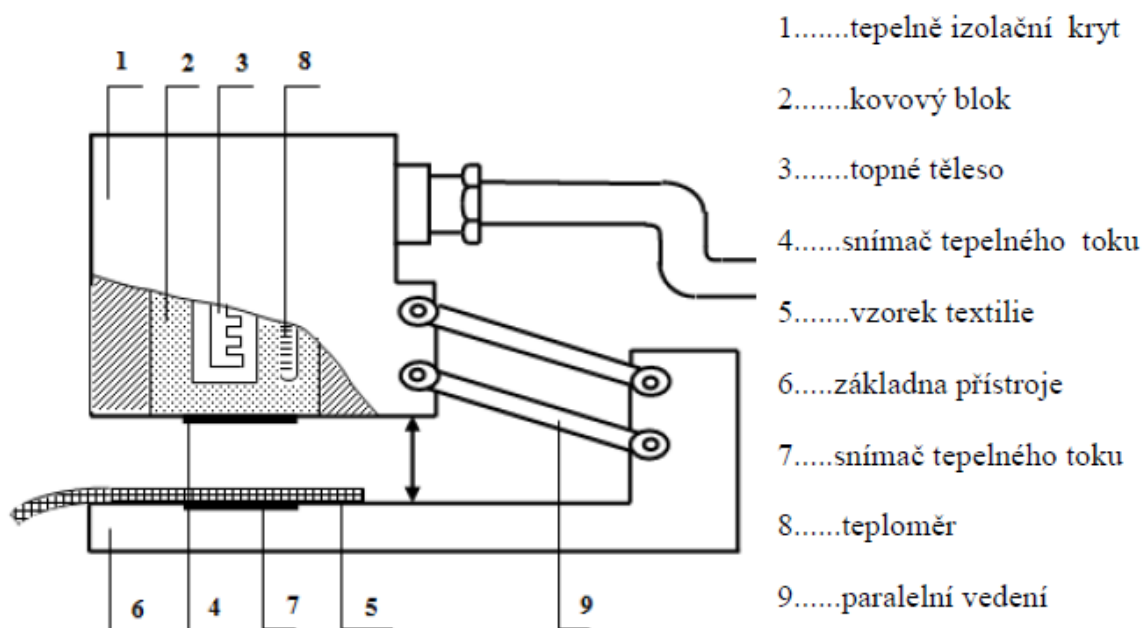
Polytetrafluorethylen neboli teflon (PTFE) je fluorovaný polymer. Je to velmi stabilní a inertní polymer s jednoduchou opakující se jednotkou  $-(CF_2)_n-$ . Má dobrou chemickou odolnost při vysokých teplotách.

### 2.3.8 Polyuretanová folie

Polyuretany vlákna mají hlavní řetězec heterogenní. Typická skupina je  $-NH-CO-O-$ . Standardní způsob přípravy syntetických vláken na bázi segmentovaných polyuretanů je polykondenzace. Polyuretany jsou významné jak pro klasické oděvní aplikace, tak i pro technické textilie. U polyuretanové folie v našem případě se vzrůstajícím teplotou roste i prodyšnost. To umožňuje adaptivní reakci na teplotu okolí i na teplotu lidského těla. Pod teplotou skelného přechodu je fólie neporézní, takže má vynikající odolnost vůči pronikání vody v kapalně formě. Přitom se však umožňuje odstranění kapalné vody z povrchu lidského těla difúzí. [22]

## 3 MĚŘENÍ VLASTNOSTI NA PŘÍSTROJI ALAMBETA

Alambeta je poloautomatický přístroj, který je kromě měření některých termofyzikálních parametrů textilií schopen i jejich statistického vyhodnocení. Přístroj simuluje reálné podmínky tím, že měřicí hlavice je zahřátá na průměrnou teplotu lidské pokožky 32 °C, zatímco vzorek je udržován na teplotě 22 °C. Schéma přístroje je na obr. 7



Obr. 7. Schéma přístroje Alambeta

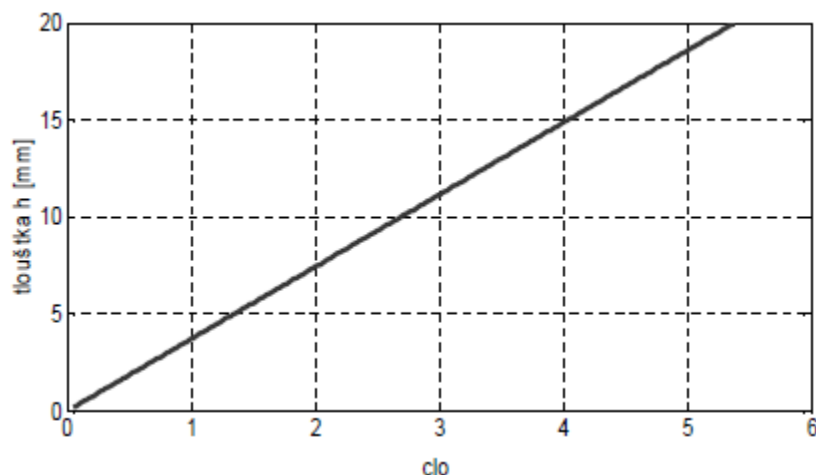
Jakmile je měření zahájeno, měřící hlavice poklesne na vzorek a je měřen probíhající tepelný tok. Mezitím fotoelektrický senzor měří tloušťku vzorku. V jedné měřící operaci, která trvá maximálně několik minut, jsou změřeny všechny následující parametry. [26]

### 3.1 Tloušťka materiálu

Tloušťka materiálu  $h$  [mm] je snímána fotoelektrickým senzorem během měřicího procesu. [26]

Predikce tepelného odporu, resp. tepelné vodivosti, vlákenných struktur je velmi důležitá pro konstrukci textilií s ohledem na jejich tepelný komfort. Je zřejmé, že jedním z rozhodujících faktorů, které ovlivňují tepelné vlastnosti textilií, je jejich tloušťka, která ovlivňuje zejména poróznost struktur.

Na obrázku 8 je znázorněna minimální tloušťka materiálu (s tepelnou vodivostí vzduchu) zajišťující dané  $clo$ .



Obr. 8. Minimální tloušťka  $h$  textilie mající tepelnou vodivost vzduchu pro zadaný tepelný komfort  $clo$ .

Je patrné, že např. pro případ, že se požaduje  $clo = 4$ , bude minimální tloušťka materiálu rovna 16 mm. Je patrné, že pro tloušťky  $h$  pod 5 mm je velikost  $clo$  nízká. Pro docílení požadovaného  $clo$  je tedy třeba volit zejména dostatečnou tloušťku materiálu.

### 3.2 Tepelný komfort

Komfort je standardně definován jako stav pohody oblečeného člověka v daných podmínkách okolí. Tepelný komfort souvisí s pocitem tepla a chladu v kombinaci s vlhkostí a případně prouděním vzduchu. Pro vyjádření tepelného komfortu byly zavedeny speciální jednotky  $clo$  resp.  $tog$ , které zahrnují tepelnou izolaci vlivem vzduchových vrstev v oděvu a tepelnou izolaci oděvního materiálu. Tyto veličiny přímo souvisí s tepelným odporem  $r$  [ $m^2 K W^{-1}$ ]. Jeden  $tog$  je roven  $0.1 m^2 K W^{-1}$  a jeden  $clo$  je roven  $1.55 tog$  tj.  $0.155 [m^2 K W^{-1}]$ . [48]Obecně platí, že

$$clo = \frac{r}{0,155} \quad (1)$$

Uvádí se, že jeden  $clo$  odpovídá vnitřní tepelné izolaci oděvu sedícího muže v normálně ventilované místnosti (rychlost proudění vzduchu  $0.1 m s^{-1}$ ) při  $21^\circ C$  a 50 % RH. Oděvy určené pro standardní zimní podmínky mají  $clo$  1 a pro letní oděvy je  $clo$  okolo 0.5. U vícevrstvých textilních struktur se  $clo$  jednotlivých vrstev  $clo_i$  sčítá a celková hodnota je závislá na pohlaví: [23].

$$clo (muži) = 0.727 \sum clo_i + 0.113 \quad (2)$$

$$clo \text{ (ženy)} = 0.770 \sum clo_i + 0.050 \quad (3)$$

### 3.3 Tepelná vodivost a tepelný odpor

Tepelný odpor textilie  $r$  [ $\text{m}^2 \text{ K W}^{-1}$ ] je úměrný reciproké hodnotě množství tepla, které prošlo za jednotku času přes jednotkovou plochu textilie při jednotkovém rozdílu teplot. [26] [7]

$$r = \frac{\Delta T}{Q} = \frac{h}{\lambda} \quad (4)$$

kde  $Q$  [ $\text{W m}^{-2}$ ] je měrný tepelný tok,  $\lambda$  [ $\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ] je tepelná vodivost,  $h$  [m] je tloušťka textilie a  $\Delta T$  [K] je rozdíl teplot na vnější a vnitřní straně textilie.

Při znalosti hodnoty  $clo$  lze pak jednoduše určit odpovídající tepelnou vodivost ze vztahu

$$\lambda = \frac{h}{r} = \frac{h}{0,155 \text{ } clo} \quad (5)$$

Predikce tepelného odporu resp. tepelné vodivosti vláknenných struktur je velmi důležitá pro konstrukci vláknenných struktur s ohledem na jejich tepelný komfort. Je zřejmé, že jedním z rozhodujících faktorů, které ovlivňují tepelné vlastnosti textilií je jejich tloušťka.

[26] [48] Tepelný odpor je typicky extenzivní veličina závislá na tloušťce textilie. Souvisí přímo s tepelným komfortem. Pro kvantifikaci tepelného komfortu zavedli Gagge a kolektiv výše zmíněnou veličinu  $clo$ . Jeden  $clo$  definuje izolaci díky oděvnímu systému, která zajišťuje komfort (pohodu) klidně sedícímu člověku v normálně ventilované místnosti (rychlost proudění vzduchu je 0,1 m/s) při teplotě  $T_a = 21^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $RH$  méně než 50%. Předpokládá se, že za těchto podmínek se 24% metabolického tepla ztrácí odpařováním z povrchu pokožky. Celkové metabolické teplo za těchto podmínek je 1 Met, což je ekvivalentní hodnotě  $50 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  tj.  $58,153 \text{ Wm}^{-2}$ .

Zbylých 76% metabolického tepla, tj.  $Q_e = 44,1963 \text{ Wm}^{-2}$  ( $38 \text{ kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), se musí odvést oděvem mechanismy radiace, proudění a vedení. Teplota pokožky v pohodovém stavu je odhadována jako  $T_s = 33^\circ\text{C}$ . Celkový tepelný odpor  $R_T$  (izolace) systému oděv a okolní izolační vrstva je pak dána vztahem.

$$R_T = \frac{T_s - T_a}{Q_e} = \frac{33 - 21}{44,1963} = 0,2715 \text{ m}^2 \text{ KW}^{-1}$$

Izolace vzduchové vrstvy za výše uvedených podmínek je volena  $R_a = 0,12 \text{ m}^2 \text{ KW}^{-1}$ .

Izolace pouze oděvního systému je tedy  $R_O = R_T - R_a = 0,1515$ , tj. přibližně  $0,155 \text{ m}^2 \text{ KW}^{-1}$  tj. 1 clo. Takto určená izolace oděvu je vlastně efektivní izolace celého těla.

Tepelná vodivost teoreticky zjišťovaná se dá vypočítat podle vztahu (9) pokud jsme si předtím vypočetli horní (7) a dolní limitu (8) tepelné vodivosti. Spodní limita tepelné vodivosti odpovídá sériovému uspořádání fází a horní limita tepelné vodivosti odpovídá paralelnímu uspořádání. V případě, že je textilie směšovaná z různých vláken, kdy vlákno A má hmotnostní podíl  $b_A$  a vlákno B má hmotnostní podíl  $(1 - b_A)$  lze určit horní limitu tepelné vodivosti směsi vláken  $\lambda_{\text{vlákenné\_směsi}}$  ze vztahu (6). [23]

$$\lambda_{\text{vlákenné\_směsi}} = b_A \lambda_A + (1 - b_A) \lambda_B \quad (6)$$

$$\lambda_{HL} = \lambda_{\text{vlákenné\_směsi}} (1 - \psi_i) + \psi_i \lambda_{\text{vzduchu}} \quad (7)$$

$$\frac{1}{\lambda_{DL}} = \frac{1 - \psi_i}{\lambda_{\text{vlákenné\_směsi}}} + \frac{\psi_i}{\lambda_{\text{vzduchu}}} \quad (8)$$

$$\lambda_{\text{celková}} = \frac{\lambda_{DL} + \lambda_{HL}}{2} \quad (9)$$

Kde  $\lambda_{DL}$  je dolní limita tepelné vodivosti,  $\lambda_{HL}$  je horní limita tepelné vodivosti,  $\lambda_{\text{vlákenné\_směsi}}$  je tepelná vodivost směšované textilie,  $\lambda_{\text{vzduchu}}$  je tepelná vodivost vzduchu, která činí  $0,024 \text{ [W m}^{-1} \text{ K}^{-1}]$  a  $\psi_i$  je poróznost jednotlivých textilií.

### 3.4 Zaplnění

Zaplnění  $\mu$  je podíl objemu vláken ku celkovému objemu vlákenného útvaru,  $\mu \sim (0;1)$ . Pro příze jde o podíl plochy vláken v příčném řezu příze ku celkové ploše příčného řezu nebo

jako podíl hustoty textilie ku hustotě vláken [46]. Pro plošné textilie je definován jako podíl hustot textilie a vláken, tedy

$$\mu = \frac{\rho_t}{\rho_v} \quad (10)$$

### 3.5 Porózita

Porózita  $\psi$  [%], nebo též pórovitost, je důležitá vlastnost, která zásadně ovlivňuje propustnost i prodyšnost textilií. [20] Porózita je dána konstrukcí textilie, konstrukcí přízí a geometrickými charakteristikami resp. porózitou vláken. Porózita má základní vliv na hodnotu tepelné vodivosti. Pro poréznější materiály tedy bude stačit menší tloušťka materiálu k dosažení vyšších hodnot *clo*.

#### 3.5.1 Výpočet porózy

Hustotní (celková) porózita, se dá určit pro všechny typy plošných textilií s využitím pouze jejich plošné hmotnosti  $G$  a tloušťky  $h$ . Hustotní porózita dosahuje vyšších hodnot než plošná porózita, protože zahrnuje póry mezi vlákny i mezi přízemi. [53]

##### a) Hustotní porózita tkaniny

$$\Psi = 1 - \frac{G}{\rho_F h} \quad (11)$$

kde  $\rho_F$  je hustota vláken

##### b) Porózita ze zaplnění

$$\psi = 1 - \mu \quad (12)$$

## 4 POROVNÁNÍ STŘEDNÍCH HODNOT

Tyto informace jsou převzaty z knihy Interaktivní statistická analýza dat [49]. Nejdříve testujeme test shody rozptylů kde klasický F- test umožňuje ověření nulové hypotézy  $H_0 : \sigma_x^2 = \sigma_y^2$  proti alternativě  $H_1 : \sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$ . Vychází se z předpokladu, že oba výběry jsou nezávislé a pocházejí z normálního rozdělení. Testovací kritérium je

$$F = \max \left( \frac{s_x^2}{s_y^2}, \frac{s_y^2}{s_x^2} \right) \quad (13)$$

Platí-li hypotéza  $H_0$  a  $s_x^2 > s_y^2$ , má F-kritérium F-rozdělení s  $\nu_1 = (n_1 - 1)$  a  $\nu_2 = (n_2 - 2)$  stupni volnosti. V opačném případě se pořadí stupňů volnosti zamění. Je-li  $F > F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)$ , je nulová hypotéza  $H_0$  o shodě rozptylů zamítnuta. Tento klasický test je značně citlivý na předpoklad normality. Mají-li obě výběrová rozdělení jinou špičatost, než odpovídá normálnímu, je třeba užít kvantilu se stupni volnosti  $\nu_1$  a  $\nu_2$ , vyčíslenými podle vztahů

$$\nu_1 = \frac{n_1 - 1}{1 + \frac{\hat{g}_{2c}}{2}} \quad (14)$$

$$\nu_2 = \frac{n_2 - 1}{1 + \frac{\hat{g}_{2c}}{2}} \quad (15)$$

kde

$$\hat{g}_{2c} = \frac{2(n_1 + n_2) \left( \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x})^4 + \sum_{i=1}^{n_2} (y_i - \bar{y})^4 \right)}{\left( \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^{n_2} (y_i - \bar{y})^2 \right)^2} - 3 \quad (16)$$

Poté co testujeme shodu rozptylů, můžeme testovat shodu středních hodnot. Kde nám studentův t-test umožňuje testování hypotézy  $H_0 : \mu_x = \mu_y$  proti alternativní  $H_1 : \mu_x \neq \mu_y$  při splnění obou uvedených předpokladů o výběrech:

1) Je-li  $\sigma_x^2 = \sigma_y^2$ , má testovací kritérium tvar:

$$T_1 = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{(n_1 - 1)s_x^2 + (n_2 - 1)s_y^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad (17)$$

V případě platnosti hypotézy  $H_0$  má tato testovací statistika Studentovo rozdělení s  $\nu = n_1 + n_2 - 2$  stupni volnosti. Platí-li, že  $T_1 > t_{1-\alpha/2}(\nu)$ , je hypotéza  $H_0$  o shodě středních hodnot na hladně významnosti  $\alpha$  zamítnuta.

2) Je-li  $\sigma_x^2 \neq \sigma_y^2$ , má testovací kritérium tvar:

$$T_2 = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_1} + \frac{s_y^2}{n_2}}} \quad (18)$$

Platí-li hypotéza  $H_0$ , má tato testová statistika Studentovo rozdělení s ekvivalentními stupni volnosti.

$$v = \frac{\left( \frac{s_x^2}{n_1} + \frac{s_y^2}{n_2} \right)^2}{\frac{s_x^4}{n_1^2(n_1-1)} + \frac{s_y^4}{n_2^2(n_2-1)}} \quad (19)$$

Platí-li, že  $T_2 > t_{1-\alpha/2}(v)$ , je hypotéza  $H_0$  o shodě středních hodnot na hladině významnosti  $\alpha$  zamítnuta.

Testovací kritérium  $T_1$  není robustní vůči heteroskedasticitě, tj. případu, kdy data jsou ve výběrech měřena s různou přesností. V této situaci je vhodnější užít testovacího kritéria  $T_2$ , které je vůči heteroskedasticitě robustnější.

Všechny naměřené kombinace uspořádání vrstev materiálů, jednotlivých ochranných oděvů, byly poměřovány mezi sebou a pomocí dvou-výběrového T-testu bylo zjišťováno, zda jsou jednotlivá uspořádání rozdílná či ne. Pokud jsou rozdíly statisticky nevýznamné nezáleží na pořadí vrstev v oděvu.[48]

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Byly zjišťovány tepelné vlastnosti na vzorcích dodané firmou VOCHOC, která se specializuje na výrobu prostředků pro osobní ochranu a na výrobu ochranných prostředků proti tepelným rizikům. Zkoumané vzorky se používají k výrobě oděvu pro hasiče, svářeče a zaměstnance, kteří jsou na pracovištích vystaveni zvýšeným teplotním podmínkám. Jde o vícevrstvé materiály s různým složením vrstev. Na těchto vícevrstvých vzorcích i na jednotlivých vrstvách samostatně byla zjišťována tepelná vodivost, plošný tepelný odpor a tloušťka materiálu. Měření tepelných vlastností bylo uskutečněno pomocí přístroje Alambeta.



Na testovaných vzorcích bylo také zjišťováno, zda má pořadí jednotlivých vrstev vliv na tepelné vlastnosti vícevrstevných vzorků, pro vybrané ochranné oděvy. Byly měřeny všechny možné kombinace uspořádání jednotlivých vrstev a následně porovnány jejich rozdíly.

## 5 TESTOVANÉ VZORKY

Zkoumané materiály byly dodány plzeňskou firmou VOCHOC zabývající se výrobou ochranných oděvů a pomůcek. Materiály používané touto firmou jsou registrované obchodní značky nejrozličnějších firem.

Jednotlivé vzorky dodané firmou VOCHOC byly materiály používané do prostředí se zvýšenou tepelnou zátěží. Všechny použité materiály jsou certifikovány a splňují normy, EN 469 - Ochranné oděvy pro hasiče, EN 1149-5 - Ochranné oděvy- elektrostatické, EN 343 - Ochranné oděvy - Ochrana proti dešti. Nejdříve byly jednotlivé vrstvy oděvu měřeny samostatně a potom v různých kombinacích uspořádání pořadí vrstev. Všechny dodané vzorky oděvů se vyrábí jak ve třívrstevném tak ve čtyřvrstevném provedení. Výjimkou je pouze oděv GoodPRO HR3 Petr, který se vyrábí pouze jako třívrstevný ochranný oděv. Všechny materiály byly pro jednodušší přehled očíslovány.

### 5.1 Oděv GoodPRO FR3 FireHorse

Tento oděv je tvořen třívrstvou konstrukcí - vrchní vrstva s FC úpravou, paropropustná membrána a vnitřní izolační vrstva s podšívkou. Mimořádně tepelně exponovaná místa kabátu i kalhot /ramena, prsa, stehna/ jsou zesílena další izolační vrstvou s 3D profilem.

**1. Vrchní vrstva:** 53% Kermel, 39% Lenzing FR®, 8% Technora, vazba RipStop, gramáž 230 g/m<sup>2</sup>, FC úprava proti vodě a chemickým kapalinám.

**5. Vnitřní vrstva:** Polyuretanová membrána Topaz laminovaná na 100% polyesterovém úpletu Interlock, gramáž 145 g/m<sup>2</sup>

**9. Zesílená izolační vrstva:** 50% Nomex, 50% Viskóza, gramáž 260 g/m<sup>2</sup>

**13. Spodní izolační vrstva s podšívkou:** 50% Aramid, 50% Lenzing FR®, prošev, gramáž 300 g/m<sup>2</sup>.



Obr. 9. Vrchní vrstva č. 1

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 0,451$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 230$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,00975$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,062903$



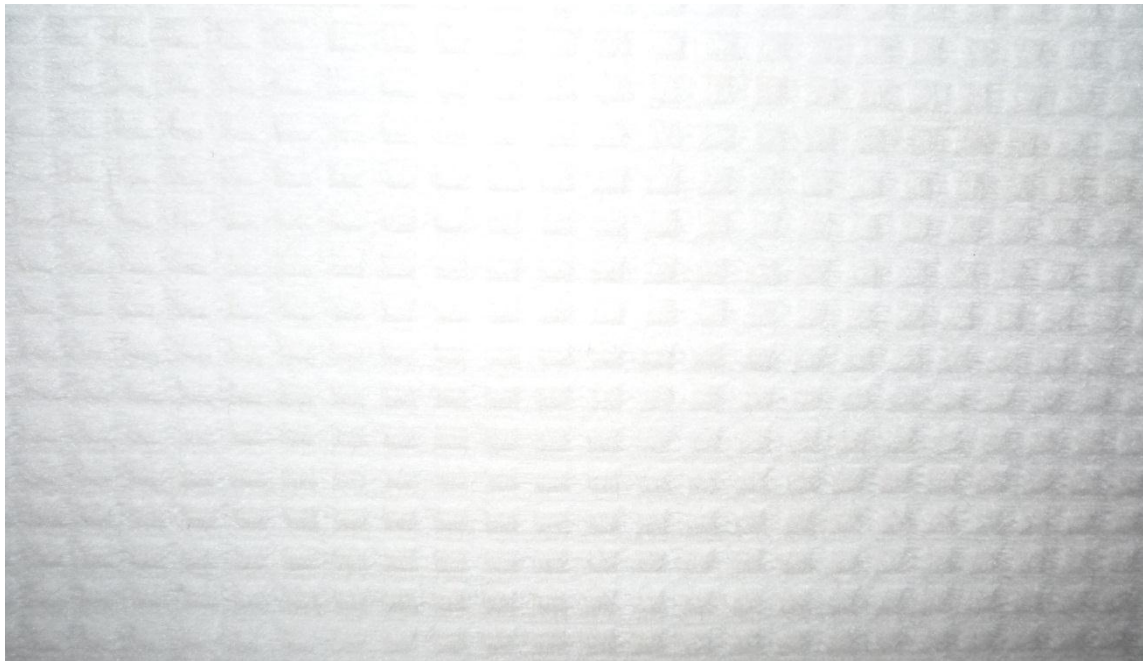
Obr. 10. Vnitřní vrstva č. 5

Tloušťka materiálu naměřená  $h [mm] = 0,487$

Plošná hmotnost  $G [g/m^2] = 140$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,00974$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,062839$



Obr. 11. Zesílená izolační vrstva č. 9

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 1,275$

Plošná hmotnost  $G [g/m^2] = 260$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,03599$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,232194$





Obr. 12. Spodní vrstva č. 10

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 1,559$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 290$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,07123$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,459548$

## 5.2 Ochranný oděv GoodPRO HR3 Petr

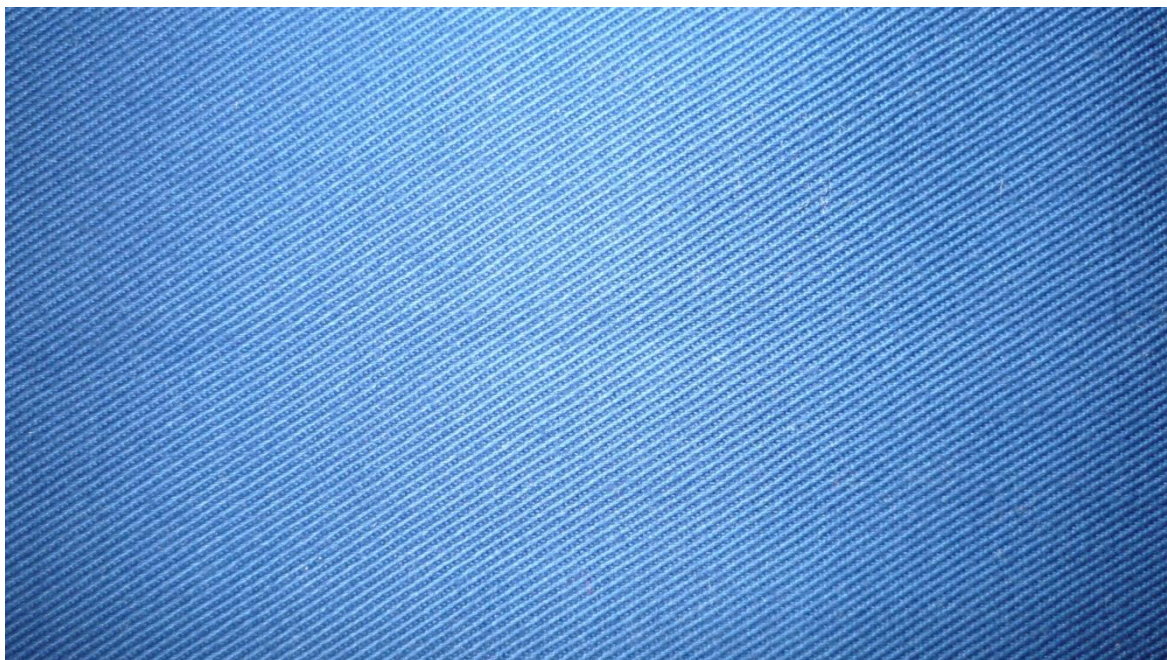
Třívrstvý ochranný oděv pro speciální využití v prostředí kritické tepelné zátěže. Chrání uživatele před extrémními účinky sálavého a kontaktního tepla i krátkodobým působením přímého plamene. Provedení oděvu a promyšlený střih umožňuje v případě ohrožení jeho rychlé odložení. Materiál oděvu při styku s plamenem nebo s malými hořícími částicemi pouze zuhelnatí, ale oheň se dál nešíří, a tím se zabrání úrazům vznikajícím kontaktem s hořícím oděvem. Tento oděv poskytuje svému uživateli nejen ochranu, ale i dostatečnou hybnost. Materiál je hygienicky nezávadný a zajišťuje i dobrou odolnost proti běžné mechanické zátěži. Exponované části oděvu mohou být na přání zesíleny tkaninou NOMEX®. Ochranný oděv HR3 Petr je určen především pro speciální a servisní práce na tavicích, sklářských a vypalovacích pecích.

**2. Vrchní vrstva:** 30% Kevlar®, 70% Panox®, vazba kepr, gramáž  $260 g/m^2$

**6. Vnitřní izolační vrstva:** meta-aramidový filc, gramáž  $390 g/m^2$

**11. Spodní vrstva - podšívka:** 100% bavlna, vazba kepr, gramáž  $320 \text{ g/m}^2$ , trvalá nehořlavá úprava Pyrovatex®

Tento ochranný oděv je tvořen třívrstvou konstrukcí (vrchní vrstva - izolační vrstva - podšívka), která zajišťuje ochranu proti extrémnímu sálavému i kontaktnímu teplu.



Obr. 13. Vrchní vrstva č. 2

Tloušťka materiálu naměřená  $h[\text{mm}] = 0,639$

Plošná hmotnost  $G[\text{g/m}^2] = 260$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [\text{K m}^2 \text{W}^{-1}] = 0,01098$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,070839$





Obr. 14. Vnitřní vrstva č. 6

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 2,204$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 370$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,1086$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,700645$



Obr. 15. Spodní vrstva č. 11

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 0,544$



Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 320$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,00873$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,05631$

### 5.3 Ochranný oděv FR3 FireRex

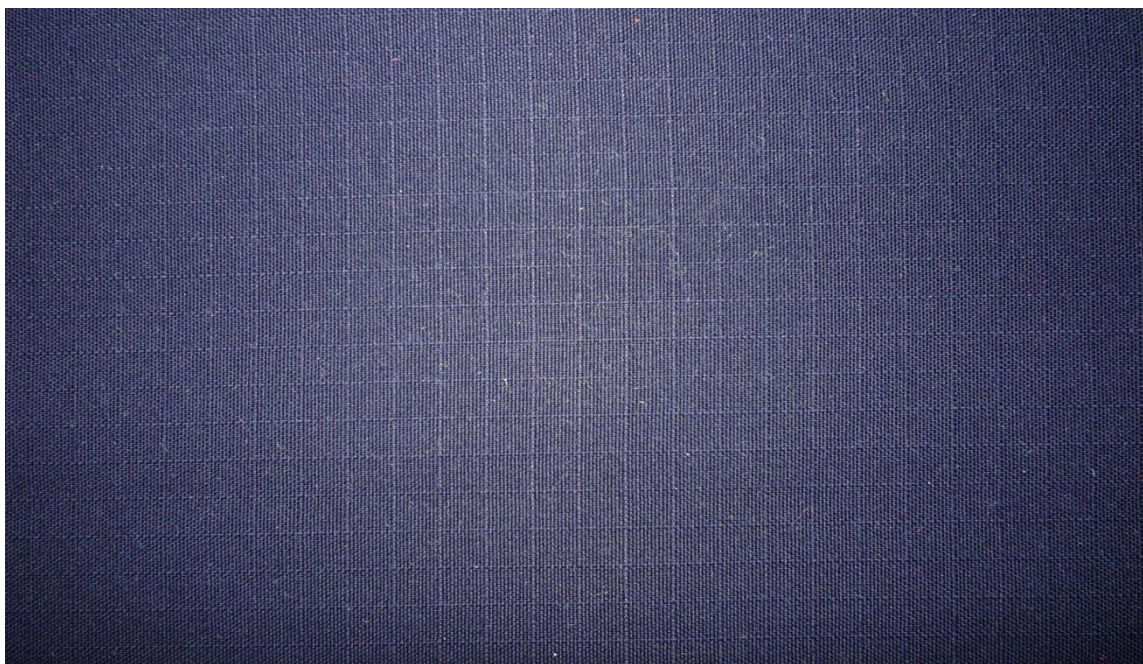
Tento oděv je ještě ve fázi vývoje a certifikace. Je tvořen třívrstvou konstrukcí - vrchní vrstva s FC úpravou, paropropustná membrána a vnitřní izolační vrstva s podšívkou. Mimořádně tepelně exponovaná místa kabátu i kalhot /ramena, prsa, stehna/ jsou zesílena další izolační vrstvou s 3D profilem.

**4. Vrchní vrstva:** 65% LenzingFR, 22% Aramid, 13% Polyamid, gramáž  $250 g/m^2$

**8. Vnitřní vrstva:** PU membrána nalaminovaná na úpletu 100% Polyester Interlock, gramáž  $145 g/m^2$

**9. Zesílená izolační vrstva:** 50% Nomex, 50% Viskóza, gramáž  $260 g/m^2$

**13. Spodní vrstva:** 50% Aramid, 50% LenzingFR, gramáž  $300 g/m^2$



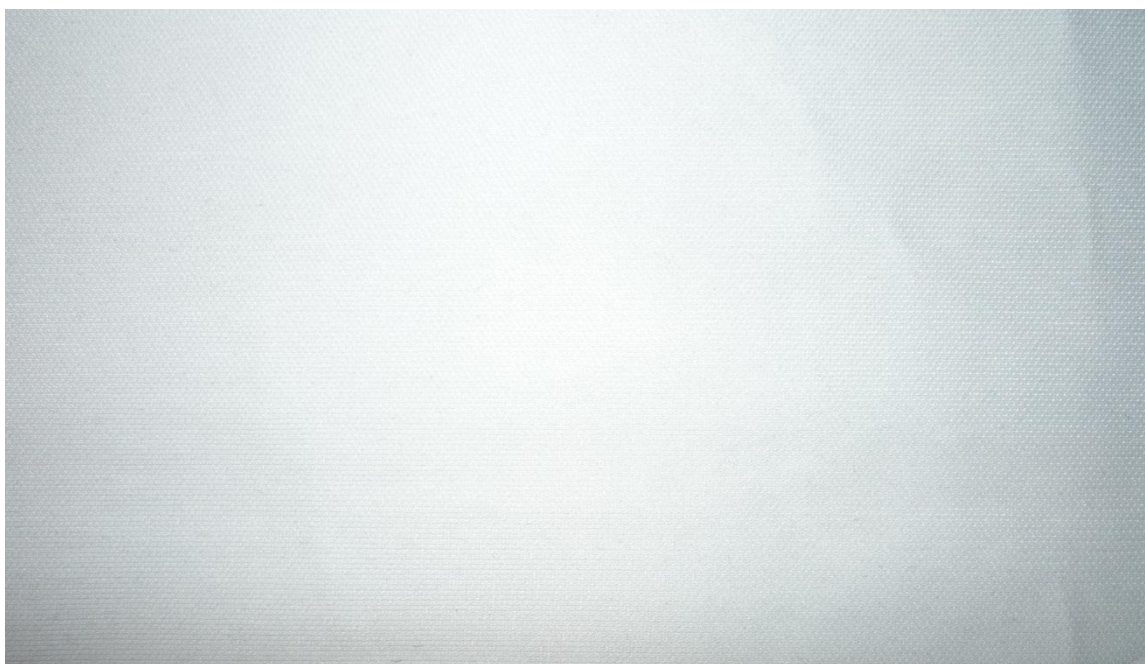
Obr. 16. Vrchní vrstva č. 4

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 0,408$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 250$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,00755$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,04871$



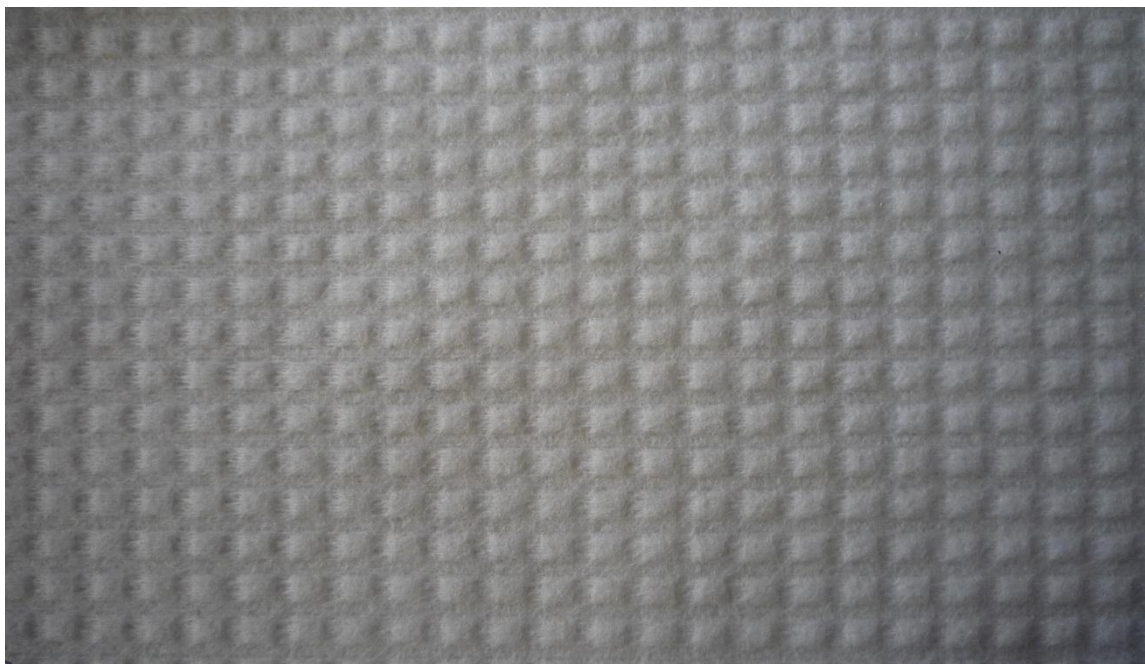
Obr. 17. Vnitřní vrstva č. 8

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 0,487$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 145$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,00974$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,062839$



Obr. 18. Zesílená izolační vrstva č. 9



Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 1,275$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 260$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,03599$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,232194$



Obr. 19. Spodní vrstva č. 13

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 1,422$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 300$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,07267$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,468839$

## 5.4 Ochranný oděv FR4 FireBull

Tento oděv je stejně jako oděv FR3 FireRex ve fázi vývoje a certifikace. Popis a provedení je stejný jako u oděvů FR3 FireHorse a FR3 FireRex.

**3. Vrchní vrstva:** 41% LenzingFR, 1% PA6.6, 49% Kermel, 9% Technora, gramáž  $180g/m^2$

**7. Vnitřní vrstva:** 55% PTFE, 45% Polyuretan, gramáž  $109 g/m^2$

**9. Zesílená izolační vrstva:** 50% Nomex, 50% Viskóza, gramáž  $260 g/m^2$

**12. Spodní vrstva s podšívkou:** 55% LenzingFR, 45% Nomex, gramáž  $220 g/m^2$



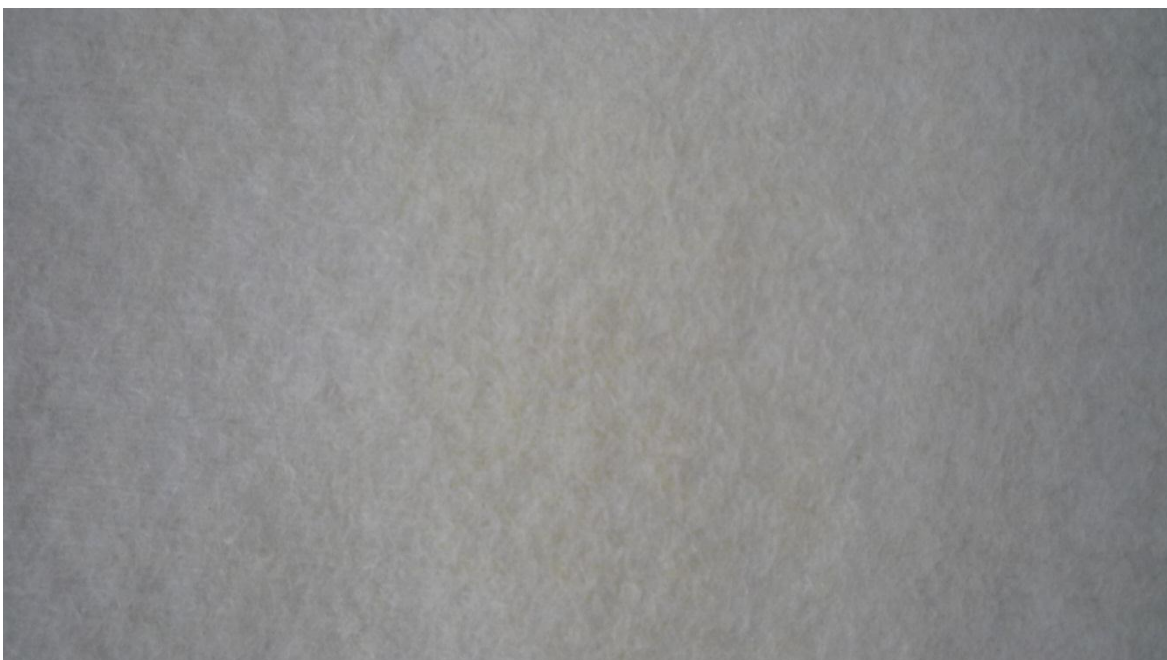
Obr. 20. Vrchní vrstva č. 3

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 0,429$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 180$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,00974$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,062839$



Obr. 21. Vnitřní vrstva č. 7

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 0,546$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 109$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,02049$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,132194$



Obr. 22. Zesílená vnitřní vrstva č. 9

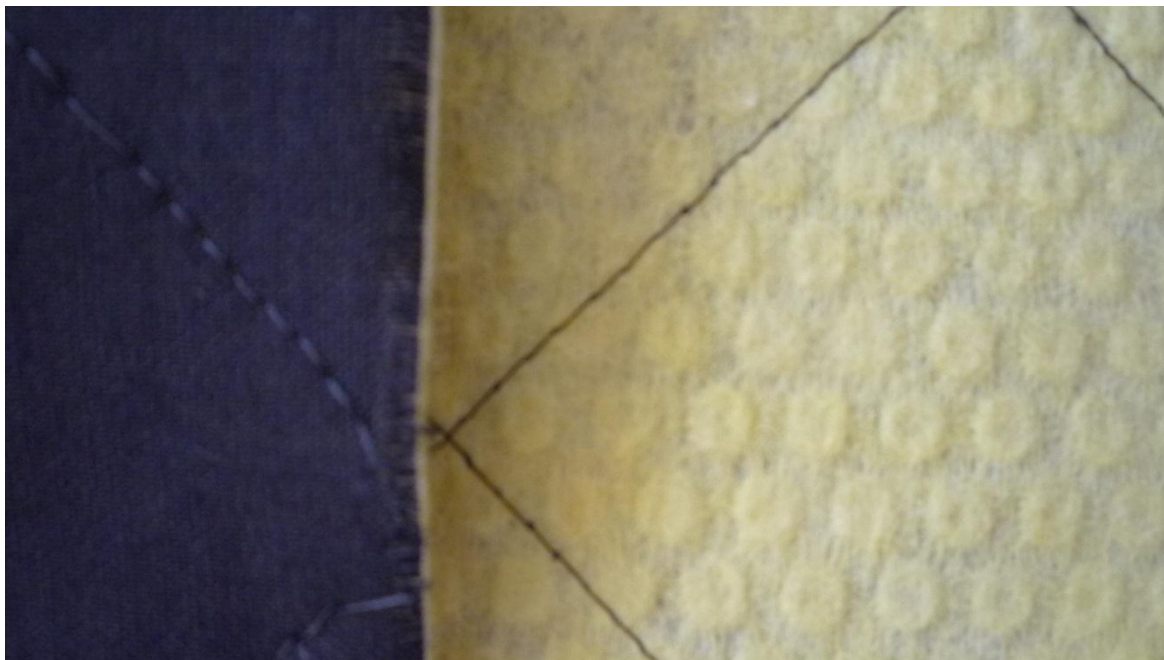
Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 1,275$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 260$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,03599$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,232194$





Obr. 23. Spodní vrstva s podšívkou č. 12

Tloušťka materiálu naměřená  $h[mm] = 1,293$

Plošná hmotnost  $G[g/m^2] = 220$

Tepelný odpor měřený na Alambetě  $r [K m^2 W^{-1}] = 0,03871$

Charakteristika tepelného komfortu vypočítaná  $[clo] = 0,249742$

## 6 VÝPOČET ZAPLNĚNÍ A PORÓZITY

Jednotlivé materiály jsou většinou vyrobeny z různých směsí materiálů. Pro výpočet hustoty těchto směšových materiálů byl použit vztah (20). V Tabulce 1 jsou uvedeny hustoty jednotlivých vláken, ze kterých jsou textilie vyrobeny.

$$\frac{1}{\rho_v} = \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{P_2}{\rho_2} + \dots + \frac{P_n}{\rho_n} \quad (20)$$

Kde  $P_1, P_2 \dots P_n$  je hmotnostní podíl vláken v textilie a  $\rho_1, \rho_2 \dots \rho_n$  je zjištěná hustota jednotlivých vláken. Platí pochopitelně, že  $P_n = 1 - \sum_{i=1}^{n-1} P_i$ .

Tab. 1. Zjištěná hustota a tepelná vodivost jednotlivých použitých vláken [22, 51, 54]

| Název | Obchodní<br>název | Hustota<br>$\rho_v[kg/m^3]$ | Tepelná vodivost<br>$\lambda_{vláken} [Wm^{-1}K^{-1}]$ |
|-------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
|-------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|

| <i>Název</i> | <i>Obchodní<br/>název</i> | <i>Hustota<br/><math>\rho_v</math> [kg/m<sup>3</sup>]</i> | <i>Teplená vodivost<br/><math>\lambda_{vláken}</math> [Wm<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>]</i> |
|--------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| PAI          | Kermel                    | 1200                                                      | 0,2                                                                                       |
| P-aramidy    | Technora                  | 1390                                                      | 0,18                                                                                      |
|              | Kevlar                    | 1450                                                      | 0,18                                                                                      |
| M-aramid     | Nomex                     | 1380                                                      | 0,13                                                                                      |
| PA 6.6       |                           | 1140                                                      | 0,2                                                                                       |
| Viskoza      | LenzingFR                 | 1500                                                      | 0,4                                                                                       |
| PANox        | Panox                     | 1700                                                      | 0,4                                                                                       |
| PES          |                           | 1380                                                      | 0,25                                                                                      |
| PTFE         | teflon                    | 2100                                                      | 0,23                                                                                      |
| PU           |                           | 1100                                                      | 0,15                                                                                      |
| bavlna       |                           | 1500                                                      | 0,3                                                                                       |

U všech vzorků bylo počítáno zaplnění a poróznost. U všech dodaných vzorků byl znám použitý materiál, procentuální použití materiálu ve směsi a plošná hmotnost. Z těchto veličin bylo možno zjistit hustotu vláken a textilie. Hustotu vláken  $\rho_v$  [kg/m<sup>3</sup>] bylo nutné zjistit podle materiálu, z něhož byla textilie vyrobena. Hustota textilie  $\rho_t$  [kg/m<sup>3</sup>] se vypočítala z plošné hmotnosti textilie  $G$  [g/m<sup>2</sup>] a její tloušťky  $h$  [m], podle vzorce (21).

$$\rho_t = \frac{G}{h} \quad (21)$$

V tabulce 2 jsou zaznamenány vypočítané hodnoty hustoty směsí vláken v jednotlivých textiliích dle vzorce (20), hustoty celé textilie dle vzorce (21), zaplnění dle vzorce (10) a hustotní poróznost dle vzorce (11) pro jednotlivé materiály.

Tab. 2. Vypočítané hodnoty

|                          |                          |           | <i>Hustota<br/>textilie<br/><math>\rho_t</math> [kg/m<sup>3</sup>]</i> | <i>Hustota<br/>směsí<br/>vláken<br/><math>\rho_v</math><br/>[kg/m<sup>3</sup>]</i> | <i>Zaplnění<br/><math>\mu</math></i> | <i>Poróznost<br/><math>\psi</math></i> |
|--------------------------|--------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
|                          | <i>Jednotlivé vrstvy</i> |           |                                                                        |                                                                                    |                                      |                                        |
| <i>vrchní<br/>vrstvy</i> | <i>1</i>                 | FR3 Horse | 509,9778                                                               | 1370                                                                               | 0,372247                             | 0,627753                               |
|                          | <i>2</i>                 | HR3 Petr  | 406,8858                                                               | 1014                                                                               | 0,401268                             | 0,598732                               |
|                          | <i>3</i>                 | FR4 Bull  | 419,5804                                                               | 1370                                                                               | 0,306263                             | 0,693737                               |

|                           | <i>Jednotlivé vrstvy</i> |           | <i>Hustota<br/>textilie<br/><math>\rho_t</math> [kg/m<sup>3</sup>]</i> | <i>Hustota<br/>směsí<br/>vláken<br/><math>\rho_v</math><br/>[kg/m<sup>3</sup>]</i> | <i>Zaplnění<br/><math>\mu</math></i> | <i>Porózita<br/><math>\psi</math></i> |
|---------------------------|--------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
|                           | <b>4</b>                 | FR3 Rex   | 612,7451                                                               | 1190                                                                               | 0,514912                             | 0,485088                              |
| <b>vnitřní<br/>vrstvy</b> | <b>5</b>                 | FR3 Horse | 287,4743                                                               | 1360                                                                               | 0,211378                             | 0,788622                              |
|                           | <b>6</b>                 | HR3 Petr  | 167,8766                                                               | 1460                                                                               | 0,114984                             | 0,885016                              |
|                           | <b>7</b>                 | FR4 Bull  | 199,6337                                                               | 1330                                                                               | 0,150101                             | 0,849899                              |
|                           | <b>8</b>                 | FR3 Rex   | 297,7413                                                               | 1360                                                                               | 0,218927                             | 0,781073                              |
|                           | <b>9</b>                 | FR3, FR4  | 203,9216                                                               | 1429                                                                               | 0,142702                             | 0,857298                              |
| <b>spodní<br/>vrstvy</b>  | <b>10</b>                | FR3 Horse | 186,0167                                                               | 1429                                                                               | 0,130173                             | 0,869827                              |
|                           | <b>11</b>                | HR3 Petr  | 588,2353                                                               | 1530                                                                               | 0,384468                             | 0,615532                              |
|                           | <b>12</b>                | FR4 Bull  | 170,1469                                                               | 1429                                                                               | 0,119067                             | 0,880933                              |
|                           | <b>13</b>                | FR3 Rex   | 210,9705                                                               | 1429                                                                               | 0,147635                             | 0,852365                              |

Z tabulky je patrné, že největší zaplnění mají vnitřní vrstvy a některé spodní vrstvy. Vypočítaná hustotní porózita dosahuje vyšších hodnot, protože zahrnuje póry mezi vlákny i mezi přízemi.

## 7 STANOVENÍ TEPELNÉHO ODPORU, TEPELNÉ VODIVOSTI A TLOUŠŤKY

K měření těchto charakteristik vzorků byl použit výše popsáný přístroj Alambeta. Tento poloautomatický přístroj se nachází na Katedře hodnocení textilií Textilní fakulty Technické univerzity v Liberci.[45]

### *Podmínky měření*

- Teplota vzduchu: 21 °C
- Vlhkost vzduchu: 65%
- Přítlak měřicí hlavice: 200 Pa

### *Postup měření*

Po zapnutí přístroje je třeba vyčkat, až se měřicí hlavice ohřeje na potřebnou teplotu 32°C. Když je přístroj připraven, vzorek se umístí lícovou stranou na podložku, rubovou stranou směrem k měřicí hlavici. Vzorek na podložce se musí urovnat, aby nevznikly záhyby a nerovnosti. Je-li vzorek připraven, stiskne se tlačítko ST. Tím se spustí měření. Měřicí hlavice sjíždí dolů a dotýká se vzorku, probíhá proces měření. Po dokončení měření, hlavice vyjede

opět nahoru a na displeji se zobrazí výsledek měření. Stiskem tlačítka EN se hodnoty vloží do statistiky a měřicí proces se může opakovat.[45] Materiály byly měřeny nejdříve samostatně, jak je vidět v tabulce 3. Třívrstvé materiály, skládající se z vrchní vrstvy, membrány a spodní vrstvy bylo možné zkombinovat šesti různými způsoby uspořádání jednotlivých vrstev. Všechny vrstvy se vystřídaly v každém pořadí. Čtyřvrstvé materiály, které navíc kromě již výše zmiňovaných obsahují ještě 3D profilovanou vrstvu, bylo možné zkombinovat 24 různými způsoby uspořádání jednotlivých vrstev. Pro každý vzorek byla provedena měření pětikrát. Před samotným měřením byly všechny vzorky aklimatizovány v laboratoři. Po naměření byla u každého vzorku a všech naměřených veličin spočítána jeho průměrná hodnota, směrodatná odchylka, variační koeficient a 95% intervaly spolehlivosti. Naměřené hodnoty pro jednotlivé textilie tak pro sendviče jsou uvedeny v příloze 1 a 2. V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty naměřeny na Alambetě a plošná hmotnost jednotlivých materiálů.

Tab. 3. Plošná hmotnost, tloušťka, tepelná vodivost a tepelný odpor jednotlivých materiálů

|                           | <i>Jednotlivé vrstvy</i> |           | <i>Plošná<br/>hmotnost<br/>G<br/>[g/m<sup>2</sup>]</i> | <i>Tloušťka<br/>h [mm]</i> | <i>Tepelná<br/>vodivost<br/><math>\lambda</math><br/>[W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]</i> | <i>Tepelný<br/>odpor<br/>r<br/>[K m<sup>2</sup> W<sup>-1</sup>]</i> |
|---------------------------|--------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>vrchní<br/>vrstvy</b>  | <b>1</b>                 | FR3 Horse | 230                                                    | 0,451                      | 0,04639                                                                                    | 0,00975                                                             |
|                           | <b>2</b>                 | HR3 Petr  | 260                                                    | 0,639                      | 0,05822                                                                                    | 0,01098                                                             |
|                           | <b>3</b>                 | FR4 Bull  | 180                                                    | 0,429                      | 0,04393                                                                                    | 0,00974                                                             |
|                           | <b>4</b>                 | FR3 Rex   | 250                                                    | 0,408                      | 0,0543                                                                                     | 0,00755                                                             |
| <b>vnitřní<br/>vrstvy</b> | <b>5</b>                 | FR3 Horse | 140                                                    | 0,487                      | 0,0496                                                                                     | 0,00974                                                             |
|                           | <b>6</b>                 | HR3 Petr  | 370                                                    | 2,204                      | 0,03768                                                                                    | 0,1086                                                              |
|                           | <b>7</b>                 | FR4 Bull  | 109                                                    | 0,546                      | 0,03606                                                                                    | 0,02049                                                             |
|                           | <b>8</b>                 | FR3 Rex   | 145                                                    | 0,487                      | 0,0496                                                                                     | 0,00974                                                             |
|                           | <b>9</b>                 | FR3, FR4  | 260                                                    | 1,275                      | 0,03544                                                                                    | 0,03599                                                             |
| <b>spodní<br/>vrstvy</b>  | <b>10</b>                | FR3 Horse | 290                                                    | 1,559                      | 0,03769                                                                                    | 0,07123                                                             |
|                           | <b>11</b>                | HR3 Petr  | 320                                                    | 0,544                      | 0,05673                                                                                    | 0,00873                                                             |
|                           | <b>12</b>                | FR4 Bull  | 220                                                    | 1,293                      | 0,03809                                                                                    | 0,03871                                                             |
|                           | <b>13</b>                | FR3 Rex   | 300                                                    | 1,422                      | 0,03725                                                                                    | 0,07267                                                             |

## 7.1 Tepelná vodivost

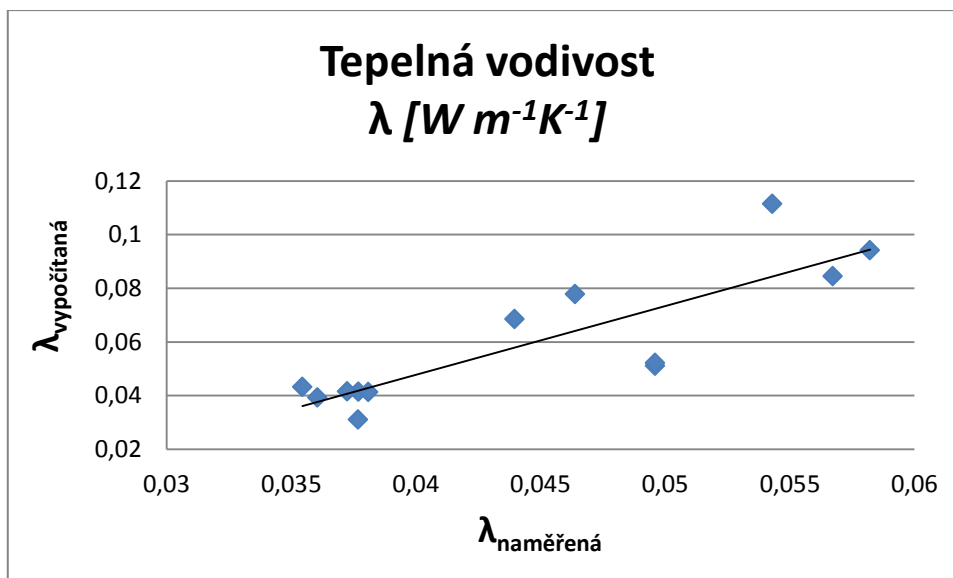
Provádělo se porovnání naměřené tepelné vodivosti s dílčími tepelnými vodivostmi vypočítanými podle rov. (6) až (8) a průměrnou tepelnou vodivostí vypočítanou podle rov. (9)

Tab. 4. Naměřené a vypočítané hodnoty tepelné vodivosti jednotlivých textilií

|                           | <i>Jednotlivé<br/>vrstvy</i> |              | <i>Tepelná<br/>vodivost<br/>naměřená</i><br>$\lambda_{\text{naměřená}}$<br>[W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | <i>Tepelná<br/>vodivost<br/>vláknenné<br/>směsi</i><br>$\lambda_{\text{vláknennésměsi}}$<br>[W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | <i>Tepelná<br/>vodivost<br/>horní<br/>limita</i><br>$\lambda_{\text{HL}}$<br>[W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | <i>Tepelná<br/>vodivost<br/>dolní<br/>limita</i><br>$\lambda_{\text{DL}}$<br>[W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] | <i>Tepelná<br/>vodivost<br/>vypočítaná</i><br>$\lambda_{\text{celková}}$<br>(vypočítaná)<br>[W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ] |
|---------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>vrchní<br/>vrstvy</i>  | 1.                           | FR3<br>Horse | 0,04639                                                                                                         | 0,27648                                                                                                                          | 0,117985                                                                                                          | 0,037695                                                                                                          | 0,07784                                                                                                                          |
|                           | 2.                           | HR3 Petr     | 0,05822                                                                                                         | 0,3343                                                                                                                           | 0,148513                                                                                                          | 0,039765                                                                                                          | 0,094139                                                                                                                         |
|                           | 3.                           | FR4 Bull     | 0,04393                                                                                                         | 0,28029                                                                                                                          | 0,102492                                                                                                          | 0,034473                                                                                                          | 0,068483                                                                                                                         |
|                           | 4.                           | FR3 Rex      | 0,0543                                                                                                          | 0,3146                                                                                                                           | 0,173633                                                                                                          | 0,049162                                                                                                          | 0,111398                                                                                                                         |
| <i>vnitřní<br/>vrstvy</i> | 5.                           | FR3<br>Horse | 0,0496                                                                                                          | 0,25                                                                                                                             | 0,071771                                                                                                          | 0,030394                                                                                                          | 0,051083                                                                                                                         |
|                           | 6.                           | HR3 Petr     | 0,03768                                                                                                         | 0,13                                                                                                                             | 0,035253                                                                                                          | 0,026838                                                                                                          | 0,031046                                                                                                                         |
|                           | 7.                           | FR4 Bull     | 0,03606                                                                                                         | 0,194                                                                                                                            | 0,050238                                                                                                          | 0,028362                                                                                                          | 0,0393                                                                                                                           |
|                           | 8.                           | FR3 Rex      | 0,0496                                                                                                          | 0,25                                                                                                                             | 0,073478                                                                                                          | 0,030701                                                                                                          | 0,052089                                                                                                                         |
|                           | 9.                           | FR3, FR4     | 0,03544                                                                                                         | 0,265                                                                                                                            | 0,058391                                                                                                          | 0,027983                                                                                                          | 0,043187                                                                                                                         |
| <i>spodní<br/>vrstvy</i>  | 10.                          | FR3<br>Horse | 0,03769                                                                                                         | 0,265                                                                                                                            | 0,055251                                                                                                          | 0,027566                                                                                                          | 0,041409                                                                                                                         |
|                           | 11.                          | HR3 Petr     | 0,05673                                                                                                         | 0,3                                                                                                                              | 0,130113                                                                                                          | 0,038938                                                                                                          | 0,084525                                                                                                                         |
|                           | 12.                          | FR4 Bull     | 0,03809                                                                                                         | 0,2785                                                                                                                           | 0,055195                                                                                                          | 0,027345                                                                                                          | 0,04127                                                                                                                          |
|                           | 13.                          | FR3 Rex      | 0,03725                                                                                                         | 0,265                                                                                                                            | 0,055386                                                                                                          | 0,027586                                                                                                          | 0,041486                                                                                                                         |

Tabulka 4 ukazuje rozdíly mezi tepelnou vodivostí experimentálně vypočítanou a tepelnou vodivostí naměřenou, pro jednotlivé textilie. Největší rozdíl můžeme zaznamenat mezi vrchními vrstvami u materiálu č. 4, kde naměřená hodnota je menší než vypočítaná. U vnitřních vrstev se nejvíce liší hodnoty materiálu č. 9, kde je také naměřená hodnota nižší než vypočítaná a u spodních vrstev je to materiál číslo 11, který má stejně jako předešlé vrstvy vyšší hodnotu tepelné vodivosti vypočítané oproti naměřené. Vesměs všechny materiály vykazují vyšší hodnoty tepelné vodivosti naměřené na Alambetě. Pouze u jednoho materiálu, číslo 6 HR3 Petr, je naměřená hodnota vyšší než hodnota tepelné vodivosti teoreticky vypočítaná.





Obr. 24. Tepelná vodivost jednotlivých vrstev naměřená a vypočítaná

Na obr. 24 jsou porovnány naměřené a vypočítané hodnoty tepelné vodivosti. Korelační koeficient Tepelné vodivosti, vypočítaný podle rovnice (22) je 0,849022.

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (22)$$

## 7.2 Tepelný odpor a tloušťka

Hodnoty  $r$  [ $\text{Km}^2\text{W}^{-1}$ ], byly naměřeny a pak přepočítány na 1 mm tloušťky podle rov. (23).

$$r_i = \frac{1}{h_m} \cdot r_m \quad (23)$$

Kde  $r_i$  je tepelný odpor jednotlivých vrstev přepočítaný na 1 mm,  $h_m$  je tloušťka materiálu naměřená na Alambetě a  $r_m$  je odpor naměřený na Alambetě. Hodnoty tepelného odporu jak naměřeného tak vztaženého na 1 mm jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5. Tepelný odpor naměřený na Alambetě a vztažený na 1mm tloušťky

|                          | Jednotlivé vrstvy |           | Tepelný odpor<br>naměřený<br>$r_m$ [ $\text{Km}^2\text{W}^{-1}$ ] | Tepelný odpor<br>na 1 mm<br>$r_i$<br>[ $\text{Km}^2\text{W}^{-1}$ ] |
|--------------------------|-------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Vrchní<br/>vrstvy</b> | <b>1</b>          | FR3 Horse | 0,00975                                                           | 0,021618625                                                         |

|                           | <i>Jednotlivé vrstvy</i> |           | <i>Tepelný odpor<br/>naměřený<br/><math>r_m [Km^2W^{-1}]</math></i> | <i>Tepelný odpor<br/>na 1 mm<br/><math>r_i [Km^2W^{-1}]</math></i> |
|---------------------------|--------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                           | <b>2</b>                 | HR3 Petr  | 0,01098                                                             | 0,017183099                                                        |
|                           | <b>3</b>                 | FR4 Bull  | 0,00974                                                             | 0,022703963                                                        |
|                           | <b>4</b>                 | FR3 Rex   | 0,00755                                                             | 0,018504902                                                        |
| <b>Vnitřní<br/>vrstvy</b> | <b>5</b>                 | FR3 Horse | 0,00974                                                             | 0,020000658                                                        |
|                           | <b>6</b>                 | HR3 Petr  | 0,1086                                                              | 0,045494533                                                        |
|                           | <b>7</b>                 | FR4 Bull  | 0,02049                                                             | 0,038587571                                                        |
|                           | <b>8</b>                 | FR3 Rex   | 0,00974                                                             | 0,020001096                                                        |
|                           | <b>9</b>                 | FR3, FR4  | 0,03599                                                             | 0,028227451                                                        |
| <b>Spodní<br/>vrstvy</b>  | <b>10</b>                | FR3 Horse | 0,07123                                                             | 0,045514377                                                        |
|                           | <b>11</b>                | HR3 Petr  | 0,00873                                                             | 0,017665441                                                        |
|                           | <b>12</b>                | FR4 Bull  | 0,03871                                                             | 0,030820064                                                        |
|                           | <b>13</b>                | FR3 Rex   | 0,07267                                                             | 0,045080645                                                        |

V tabulce 5 je vidět že nejlepší tepelný odpor vrchních materiálů z hlediska odporu naměřeného na Alambetě má vrchní materiál číslo 2 HR3 Petr, vnitřní materiál číslo 6 HR3 Petr a spodní materiál číslo 13 FR3 Rex. Pokud odpor vztáhneme na 1 mm tloušťky materiálu tak vychází, že z vrchních vrstev má nejvyšší tepelný odpor materiál číslo 3, což je materiál s názvem FR4 Bull, mezi vnitřními vrstvami má nejlepší odpor materiál číslo 6, což je HR3 Petr. A spodní vrstva s největším tepelným odporem je vrstva číslo 10 FR3 Horse. Z toho vyplývá, že materiály 2, 6 a 13, které vykazují nejvyšší hodnotu tepelného odporu naměřeného, jsou, viz definice, závislé na tloušťce materiálu, která je znázorněna v tabulce 3, neboť jsou ze své skupiny vždy ty s nejvyššími hodnotami tloušťky materiálu. Nejlepší tepelný odpor mají tedy, vrchní materiál s číslem 3, vnitřní materiál s číslem 6 a spodní materiál s číselným označením 10 a to proto, že při přepočítání tepelného odporu na 1 mm vychází hodnoty jejich tepelného odporu jako ty nejlepší. Můžeme tedy říct, že pokud by tyto materiály měly tloušťku stejnou jako materiály 2, 6 a 13 vyšly by jejich hodnoty tepelného odporu bezesporu lépe, než vycházejí při současné tloušťce.

Dále byly mezi sebou porovnávány jednotlivé kombinace vrstev. Bylo zjišťováno, jestli uspořádání vrstev ovlivňuje tepelný odpor celého oděvu. Jednotlivé vrstvy materiálů mezi sebou byly různě kombinovány, jak je vidět v příloze 2 a byl měřen tepelný odpor, tepelná

vodivost a tloušťka na Alambetě. Podle rov. (24) a (25) byl vypočítán tepelný odpor  $r_v$  [ $\text{Km}^2\text{W}^{-1}$ ] a tloušťka oděvu  $h_v$  [mm].

$$r_v = r_1 + r_2 + \dots r_n \quad (24)$$

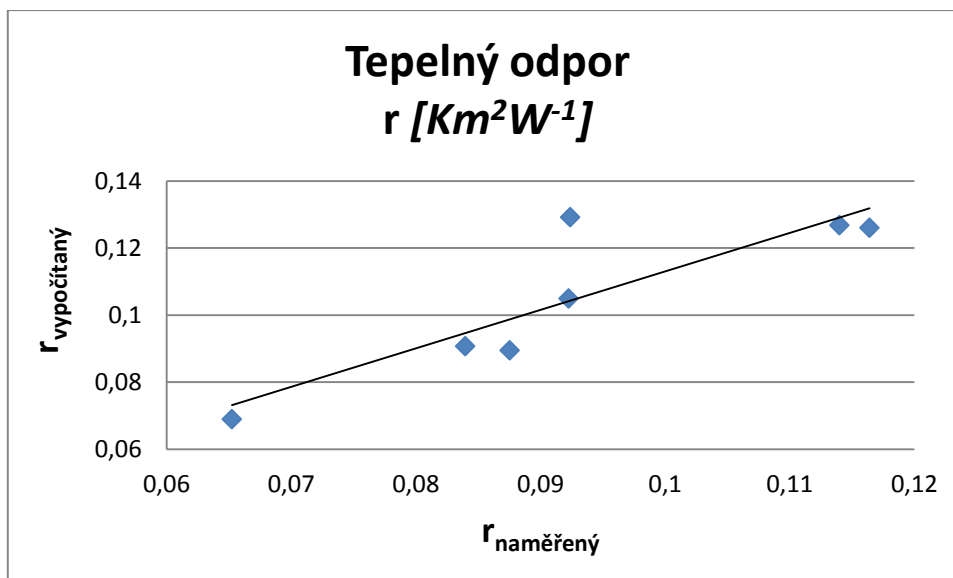
$$h_v = h_1 + h_2 + \dots h_n \quad (25)$$

Kde  $r_v$  je výsledný odpor všech vrstev ze kterých se vzorek skládá a  $r_1, r_2, \dots, r_n$  jsou odpory jednotlivých vrstev. Stejně se prováděl výpočet u tloušťky materiálu  $h_v$ . V tabulce 6 jsou uvedeny vypočítané hodnoty odporů a tloušťek a také hodnoty naměřené pro uspořádání vícevrstvé textilie dodávané výrobcem.

Tab. 6. Vypočítaný a naměřený odpor a tloušťka

| <i>Vícevrstvé materiály</i> | <i>Tepelný odpor vypočítaný <math>r_v</math> [<math>\text{Km}^2\text{W}^{-1}</math>]</i> | <i>Tloušťka vypočítaná <math>h_v</math> [mm]</i> | <i>Tepelný odpor naměřený <math>r_m</math> [<math>\text{Km}^2\text{W}^{-1}</math>]</i> | <i>Tloušťka naměřená <math>h_m</math> [mm]</i> |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>FR3 Horse 3 vrstvy</b>   | 0,09071                                                                                  | 2,503                                            | 0,08396                                                                                | 2,51                                           |
| <b>FR3 Rex 3 vrstvy</b>     | 0,08946                                                                                  | 2,507                                            | 0,08754                                                                                | 2,538                                          |
| <b>FR4 Bull 3 vrstvy</b>    | 0,06894                                                                                  | 2,216                                            | 0,06524                                                                                | 2,222                                          |
| <b>HR3 Petr 3 vrstvy</b>    | 0,12919                                                                                  | 3,57                                             | 0,09238                                                                                | 3,60                                           |
| <b>FR3 Horse 4 vrstvy</b>   | 0,12595                                                                                  | 3,78                                             | 0,114                                                                                  | 3,806                                          |
| <b>FR3 Rex 4 vrstvy</b>     | 0,12671                                                                                  | 3,743                                            | 0,1164                                                                                 | 3,816                                          |
| <b>FR4 Bull 4 vrstvy</b>    | 0,10493                                                                                  | 3,49                                             | 0,09226                                                                                | 3,59                                           |

Vypočítaný tepelná odpor vícevrstvých materiálů vychází vždy vyšší než ten naměřený na Alambetě. To může být způsobeno například větším stlačením textilií na sebe při měření. Vzduch je vytlačen a tepelný odpor naměřený poté může vycházet menší než tepelný odpor teoreticky vypočítaný. Závěrem můžeme říct, že nejlepší tepelný odpor souboru materiálů má mezi čtyřvrstvámi materiály ten s označením FR3 Rex a mezi třívrstvámi materiály je to HR3 Petr a to jak vypočítaný tak naměřený. Výsledky jsou znázorněny také na obrázku 25.



Obr. 25. Vypočítaný a naměřený tepelný odpor vícevrstvých materiálů

Tepelný odpor naměřených vícevrstvých materiálů byl zjišťován pro uspořádání materiálů dodávaných výrobcem. Korelační koeficient Tepelného odporu, vypočítaný podle rovnice (22) je 0,871364.

## 8 VÝPOČET TEPELNÉHO KOMFORTU

Tabulka 7 obsahuje hodnoty tepelného komfortu  $[clo]$  jednotlivých textilií, vypočítaných podle vzorce (1). Nejlepší tepelný komfort (nejlépe izoluje) má mezi vrchními vrstvami číslo 2, mezi vnitřními vrstvami číslo 6 což je textile mající největší tloušťku a mezi spodními vrstvami je to číslo 13. Clo zahrnuje tepelnou izolaci vlivem vzduchových vrstev v oděvu a tepelnou izolaci oděvního materiálu. Dle očekávání vychází jako materiály s nejlepší hodnotou  $clo$  právě ty textile mající ve své skupině jednu z největších tloušťek.

Tab. 7. Charakteristika tepelného komfortu jednotlivých textilií

| <i>Jednotlivé textile</i>      |          | <i>Tepelný komfort</i><br><i><math>[clo]</math></i> |
|--------------------------------|----------|-----------------------------------------------------|
| <i>vrchní</i><br><i>vrstvy</i> | <i>1</i> | 0,062903                                            |
|                                | <i>2</i> | 0,070839                                            |
|                                | <i>3</i> | 0,062839                                            |
|                                | <i>4</i> | 0,04871                                             |

| <i>Jednotlivé textilie</i> |           | <i>Tepelný komfort<br/>[clo]</i> |
|----------------------------|-----------|----------------------------------|
| <i>vnitřní<br/>vrstvy</i>  | <b>5</b>  | 0,062839                         |
|                            | <b>6</b>  | 0,700645                         |
|                            | <b>7</b>  | 0,132194                         |
|                            | <b>8</b>  | 0,062839                         |
|                            | <b>9</b>  | 0,232194                         |
| <i>spodní<br/>vrstvy</i>   | <b>10</b> | 0,459548                         |
|                            | <b>11</b> | 0,05631                          |
|                            | <b>12</b> | 0,249742                         |
|                            | <b>13</b> | 0,468839                         |

Tabulka 8 ukazuje hodnoty tepelného komfortu třívrstvých a čtyřvrstvých materiálů vypočítaných dle rov. (2). Tepelný komfort byl počítán pouze pro muže. Kompletní oděv hasiče se skládá ještě z dalších oděvních součástí. Pod ochranným oděvem má například ještě spodní prádlo s dlouhými rukávy a nohavicemi a ponožky. V celkovém výsledném tepelném komfortu se sčítají všechny vrstvy všech oděvů. Tyto hodnoty byly převzaty z norem ISO 7730 a ISO 9920, kde jsou uvedeny hodnoty tepelného komfortu pro různé oděvy. Tabulka ukazující hodnoty *Tepelného komfortu* [clo] pro různé druhy oděvů je zobrazena v příloze 3. [52]

Tab. 8. Tepelný komfort vícevrstvých materiálů

| <i>Vícevrstvé materiály</i> | <i>Tepelný komfort<br/>[Clo] muži</i> | <i>Tepelný komfort<br/>kompletně<br/>oblečeného hasiče<br/>[Clo*]</i> |
|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| FR3 Rex 3 vrstvý mat.       | 0,55                                  | 0,79                                                                  |
| FR3 Horse 3 vrstvy          | 0,53                                  | 0,77                                                                  |
| Fr4 Bull 3 vrstvy           | 0,45                                  | 0,69                                                                  |
| HR3 Petr 3 vrstvy           | 0,72                                  | 0,96                                                                  |
| FR3 Rex 4 vrstvy            | 0,71                                  | 0,95                                                                  |
| FR3 Horse 4 vrstvy          | 0,70                                  | 0,94                                                                  |
| Fr4 Bull 4 vrstvy           | 0,60                                  | 0,84                                                                  |

Nejlepší tepelný komfort jako výsledný oděv má HR3 Petr a to jako 3 vrstvý oděv. Mezi čtyřvrstvými materiály (čtyři vrstvy materiálů jsou v oděvech na prsou, ramenech a stehnech) má nejlepší tepelný komfort oděv FR3 Rex. S rostoucí tloušťkou materiálu roste i hodnota clo, jak ukazuje obr. 8. To je patrné i z tabulky 8, kde největší hodnotu clo mají právě oděvy s nejvyšší tloušťkou viz tab. 6.

## 9 POROVNÁNÍ POMOCÍ DVOUVÝBĚROVÉHO T- TESTU

Byla porovnávána jednotlivá uspořádání textilií v celém oděvu. Kombinace a pro ně naměřené hodnoty jsou zobrazeny v příloze 2. Test byl prováděn na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  a následně i na hladině významnosti  $\alpha=0,01$ . Ve většině případů se hypotéza o shodě středních rozptylů  $H_0$  na hladině významností  $\alpha=0,01$  nezamítala. To nám ukazuje, že nezáleží na uspořádání jednotlivých vrstev v oděvu. Občasné zamítnutí hypotézy  $H_0$  může být způsobeno například nízkým počtem měření jednotlivých uspořádání, protože u každého uspořádání se provádělo pouze 5 měření. Další příčinou může být nestejnoměrnost materiálů.

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo pro vybrané textilní struktury analyzovat složení vrstev ochranných oděvů a jejich konstrukci, změřit tepelnou vodivost, tepelný odpor a tloušťku jednotlivých vrstev a kombinací různých uspořádání jednotlivých vrstev a porovnat výsledky s jednoduchými predikčními modely. V neposlední řadě bylo cílem stanovit, jak spolu souvisí tepelný odpor a tloušťka materiálu jednotlivých textilií, jaký mají jednotlivé textilie a celé oděvy tepelný komfort a jak souvisí tepelná vodivost s uspořádáním jednotlivých vrstev v oděvu.

V úvodní části experimentu jsou představeny materiály dodané plzeňskou firmou Vochoc. Tyto materiály se používají pro ochranné oděvy především pro hasiče. Jsou to oděvy vyráběné ze speciálních materiálů odolávajících vysokým teplotám a ohni jako jsou Kevlar, Nomex a další speciální vlákna. U všech materiálů je od výrobce známé složení a procentuální zastoupení jednotlivých vláken v textilií a plošná hmotnost textilie. Experimentálně stanovená plošná hmotnost byla nezbytná pro výpočet hustoty vláken a textilie a pro následné vypočítání zaplnění a porózy jednotlivých textilií.

Všechny materiály byly měřeny na přístroji Alambeta a byla zjišťována jejich tepelná vodivost, tepelný odpor a tloušťka a to jak pro jednotlivé textilie, tak i pro celé sestavy oděvů. Pro porovnání tepelné vodivosti byla vypočítána i predikovaná tepelná vodivost. Tyto hodnoty pak byly mezi sebou následně porovnány. Výsledky nevykazují žádné velké rozdíly mezi hodnotami naměřenými a vypočítanými.

Pro porovnání tepelných odporů jednotlivých vrstev bylo důležité přepočítat tloušťku jednotlivých materiálů na stejnou hodnotu. Porovnávaly se jednotlivé materiály vztažené na 1 mm. Jednotlivé textilie jsou rozděleny na 3 skupiny a to na vrchní, vnitřní a spodní materiál. Výsledky podle očekávání ukázaly, že nejvyšší naměřený tepelný odpor mají ty textilie, které jsou ve své skupině nejtlustší. Při vztažení na 1 mm tloušťky už tyto materiály mezi ty s nejlepším tepelným odporem nespádaly. Nejlepší tepelný odpor mají tedy vrchní materiál vrchní materiál s číslem 3, vnitřní materiál s číslem 6 a spodní materiál s číselným označením 10 a to proto, že při přepočítání tepelného odporu na 1 mm vychází hodnoty jejich tepelného odporu jako ty nejlepší. Můžeme tedy říct, že pokud by tyto materiály měli tloušťku stejnou jako materiály 2, 6 a 13 vyšly by jejich hodnoty tepelného odporu bezesporu lépe než vycházejí při současné tloušťce.

Dále se také porovnával tepelný odpor naměřený s tepelným odporem teoreticky vypočítaným. Vychází, že teoretický vypočítaný tepelný odpor je v případě vícevrstevných

textilií větší než skutečně naměřený tepelný odpor souboru oděvů. To může být způsobeno přitlačením materiálů na sebe při měření na Alambetě. Mezi vrstvami je pak méně vzduchu a odpor vychází menší než ten, jež teoreticky vypočteme jako součet odporů jednotlivých vrstev. Závěrem můžeme tedy říct, že nejlepší tepelný odpor souboru materiálů má mezi čtyřvrstevními materiály ten s označením FR3 Rex a mezi třívrstevními materiály je to HR3 Petr a to jak vypočítaný tak naměřený.

Byl zjišťován také tepelný komfort jednotlivých vrstev i celých oděvů. Tepelný komfort zahrnuje tepelnou izolaci vlivem vzduchových vrstev v oděvu a tepelnou izolaci oděvního materiálu. V odborných literaturách se uvádí, že hodnoty tepelného komfortu rostou s vyšší tloušťkou textilie. Při výpočtu tepelného komfortu se jednotlivé vrstvy oděvů sčítají. Hodnoty tepelného komfortu samotného ochranného oděvu se pohybují v rozmezí 0,5 - 0,7 [clo]. Hodnoty tepelného komfortu kompletně oblečeného hasiče se pohybuje v rozmezí hodnot 0,69 - 0,95 [clo] což můžeme hodnotit jako očekávané výsledky. Výsledné hodnoty tepelného komfortu nám dle očekávání ukazují, že nejlepší tepelný komfort mají materiály s největší tloušťkou.

V závěru práce bylo zjišťováno, zda různé uspořádání jednotlivých vrstev v oděvu ovlivňuje tepelné vlastnosti. Jednotlivé kombinace byly porovnávány pomocí Dvou-výběrového t-testu. Testování ukázalo, že na hladině významnosti  $\alpha=0,01$  hypotézu o shodě středních rozptylů  $H_0$  ve většině případů nezamítáme. Z toho vyplývá, že rozdíly v uspořádání vrstev nejsou statisticky významné, a tedy nezáleží na uspořádání jednotlivých vrstev v oděvu.



## 10 LITERATURA:

- [1] STANĚK, D.: *Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu*. Diplomová práce, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2008. 74 s, vedoucí diplomové práce Isabela Bradáčová.
- [2] KOZOVÁ, R.: *Ochranné oděvy a pomůcky pro hasiče a záchranáře*, Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, 2002
- [3] OSLZLA, M.: *Fyziologie odívání*. [Základní studie] SVÚT Liberec, 1987
- [4] KŘEMENÁKOVÁ D., MISHRA R., MILITKÝ J. and ŠESTÁK J. eds.: *Selected topics of textile and material science*, Publishing House of WBU, Pilsen 2011, kap. 28, 404 s, ISBN 978-80-261-0062-1.
- [5] KOUŘILOVÁ, P.: *Funkční materiály a jejich vliv na tepelný 57rstva57*, Diplomová práce, Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií, 2011.
- [6] PAVELKOVÁ, M.: *Měření tepelné vodivosti*. Bakalářská práce, UTB ve Zlíně, Fakulta Technologická, 2007. 41 s, Vedoucí bakalářské práce Antonín Blaha.
- [7] INTERNÍ NORMA 23-204-02/01. *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. Liberec: Výzkumné centrum Textil, Sekce B – Textilní materiály a konstrukce textilních výrobků, 2004.
- [8] MEINANDER, H., BRODE, P and THERMPROTECT network.: *Effect of Long Wave Radiation on Heat Loss Through Protective Clothing Ensembles-Material, Manikin and Human Subject Evaluation*, First Published, Hong Kong, The Hong Kong Polytechnic University, 2006. 399 str. kap, 2. ISBN: 962-367-534-8.
- [9] ISO/TC94/SC14 N448. *Protective clothing against heat and flame — Physiological 57rstv — Measurement of coupled heat and mass transfer with the sweating TORSO*. 2012
- [10] ASTM F2370-05 (2005). Standard Test Method for Measuring the Evaporative Resistance of Clothing Using a Sweating Manikin.
- [11] PSIKUTA, A.: *Development of an 'artificial human' for clothing research*. Swiss, 2009. Dissertation work. Institute of Energy and Sustainable Development at De Montfort University Leicester.
- [12] GAO, Ch., HOLMER, I., FAN, J., WAN, X., Y.S.WU, J., HAVENITH, G.: *The Comparison of thermal properties of protective clothing using dry and sweating manikins*. EU-project, 2006. Contract G6RD-CT-2002-00846.
- [13] LAWSON, J.R. NISTIR 5804. *Fire Fighter's Protective Clothing and Thermal Environments of Structural Fire Fighting*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 1996.

- [14] NFPA 1971. *Standard on Protective Ensemble for Structural Fire Fighting*. Quincy: National Fire Protection Association, 1997.
- [15] MELL, W.E. práce R. LAWSON. NISTIR 6299. *A Heat Transfer Model for Fire Fighter's Protective Clothing*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 1999.
- [16] HAVENITH, G., I. HOLMÉR a K. PARSONS. 34(2002)581-591. *Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and heat production*. Holland: Elsevier Science B.V., 2002. Dostupné z: [www.elsevier.com/locate/enbuild](http://www.elsevier.com/locate/enbuild)
- [17] DuPont™ Kevlar®: Better, Stronger and Safer with Kevlar® Fiber. DUPONT. *DuPont: Personal Protective Equipment* [online]. 2012 [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: <http://www2.dupont.com/personal-protection/en-us/dpt/kevlar.html>
- [18] DuPont™ Nomex®: Flame Resistant Nomex® Brand Fiber — Trusted Thermal Protection. DUPONT. *DuPont* [online]. 2012 [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: <http://www2.dupont.com/personal-protection/en-us/dpt/nomex.html>
- [19] Production of High Tech Fibers. KERMEL. *Technical textiles: Entering the 58rst of performance in technical textiles* [online]. 2008, 2012 [cit. 2013-01-03]. Dostupné z: <http://www.kermel.com/site/Production-of-High-Tech-non-flammable-Fibres-4275.html>
- [20] TUL, VÚB a.s., Spolsin s.r.o. *Tkaniny: Hodnocení struktury a vlastností tkanin vyrobených z přízí prstencových, rotorových a experimentálních*. Liberec.
- [21] Textile Fibres: Lenzing FR The Heat Protection Fiber. LENZING GRUPPE. *Lenzing - Leading Fiber Innovation* [online]. C 2012 [cit. 2013-01-04]. Dostupné z: <http://www.lenzing.com/fasern/lenzing-fr/lenzing-frr.html>
- [22] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: Klasická a speciální*. 1. Vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [23] KŘEMENÁKOVÁ, Dana a Jiří MILITKÝ. CLUTEX. *Přehled současného stavu v oblasti zajišťování tepelně bariérových parametrů textilií: Výzkumná studie*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013.
- [24] Specifikace materiálu Nomex. *Odetka: Made in Europe* [online]. 2008 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: [http://www.odetka.cz/net20/cz/specmat\\_nomex.aspx](http://www.odetka.cz/net20/cz/specmat_nomex.aspx)
- [25] Specifikace materiálu Kevlar. *Odetka: made in Europe* [online]. 2008 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: [http://www.odetka.cz/net20/cz/specmat\\_kevlar.aspx](http://www.odetka.cz/net20/cz/specmat_kevlar.aspx)
- [26] HES L., SLUKA P.: *Úvod do komfortu textilií*. Skriptum Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2005
- [27] PSIKUTA, Agnes a René ROSSI. *The Novel Single-Sector Human Simulator to Study Clothing 58rstv on Physiological Response*. St. Gallen, Switzerland, 2008.

- Výzkum. Laboratory of Protection and Physiology, Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing & Research
- [28] FOSTER, J.A. and ROBERTS, G.V. *Measurements of the Firefighter Environment - Summary Report*. Fire Engineers Journal, Vol. 55, No. 178, September 1995, str. 30-34.
- [29] ABBOT, N.J. and SCHULMAN, S. *Protection from Fire: Nonflammable Fabrics and Coatings*. J. Coated Fabrics, Vol. 6, July 1976, str. 48-62.
- [30] HOSCHKE, B.N. *Standards and Specifications for Firefighters' Clothing*. Fire Safety Journal, 4, 1981, str. 125-137.
- [31] BARKER, Roger L. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. *A Review of Gaps and Limitations in the Methods for First Responder Protective Clothing and Equipment*. Pittsburgh, Pennsylvania, 2005.
- [32] TOLL, A.M. and M.A. CHIANTA. AEROSPACE MEDICINE. *Method and Rating System for Evaluation of Thermal Protection*,. 1968.
- [33] BARKER, R.L., C. GUERTH-SCHACHER, H. HAMOUDA and R. GRIMES. *Heat Transfer in Moist Thermal Protective Fabric Systems*, Proceeding of 2nd International Conference on Advanced Fiber and Textile Materials, Ueda, Japan, November 11-12, 2002.
- [34] BARKER, R.L., C. GUERTH-SCHACHER, H. HAMOUDA and R. GRIMES. *Moisture Effects on the Thermal Protective Performance of Firefighter Turnout Suits*, Proceedings of the Second IFAI Symposium on Safety Fabrics, Charlotte, NC, October 23, 2002.
- [35] BARKER, R.L., C. GUERTH-SCHACHER, *Moisture Absorption in Advanced Heat Resistant Clothing Systems*, Proceedings of 2nd Autex World Textile Conference, Brussels, Belgium, July 1-3, 2002, pp 439-450.
- [36] BARKER, R.L., C. GUERTH-SCHACHER, BEHNKE, W.P., BENDER, M., *Measuring the Thermal Energy Stored in Firefighter Protective Clothing, Performance of Protective Clothing*, Seventh Volume, ASTM STP 1386, Cheryl N. Nelson and Norman W. Henry III, Eds., American Society of Testing and Materials, Philadelphia, PA, 2000.
- [37] JENSEN, R.L., *Thermal Performance of Fire Fighters' Protective Clothing*, Safety and Security Systems Division, 3M Center, St. Paul, MN.
- [38] MÄKINEN, H., SMOLANDER, J. and VUORINEN, H., *Simulation of the Effect of Moisture Content in Underwear and on the Skin Surface on Steam Burns of Fire Fighters*, Performance of Protective Clothing: Second Symposium, ASTM STP 989, S.Z. Mansdorf, R. Sager, and A.P. Nielsen, eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1988, pp. 415-421.

- [39] NEAL, T.E., SWAIN, R.A., and BEHNKE, W.P., *Firefighter's Protective Clothing Stored Energy Test Development*, TPP Task Group Report, NFPA 1971 Technical Committee on Protective Ensemble for Structural Firefighting, National Fire Protection Association, December, 1994.
- [40] PREZANT, D.J., MALLEY, K.S., BARKER, R.L., GUERTH, C., and KELLY, K.J., *Thermal Protective Uniforms and Hoods: Impact of Design Modification and Water Content on Burn Prevention in New York City Firefighters: Laboratory and Field Results*, Injury Prevention, Vol. 7, i 43-49, 2001.
- [41] PREZANT, D.J., BARKER, R.L., STULL, J.O., KING, S.J., ROTANZ, R.A., MALLEY, K.S., BENDER, M., GUERTH, C., and KELLY, K.J., *The Impact of Protective Hoods and Their Water Content on the Prevention of Head Burns in New York City Firefighters: Laboratory Tests and Field Results*, Journal of Occupational and Environmental Medicine (J. Burn Care and Rehabilitation).
- [42] HOBBS, NANCY E. and BILLIE G. OAKLAND, *Use of Methylene Blue Dye to Predict Fabric Penetration by Malathion*, Performance of Protective Clothing: Second Symposium, ASTM STP 989 (S. Z. Mansdorf, R. G. Sager, and A. P. Nielson, Eds.), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1988, pp. 738-744.
- [43] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, ASTM F 1930-00, *Standard Test Method for Evaluation of Flame Resistant Clothing for Protection Against Flash Fire Simulations Using an Instrumented Manikin*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2000.
- [44] PANOX® - the oxidized fiber for textile applications. SGL Group - The Carbon Company [online].[cit.2013-04-17].Dostupné z:  
[http://www.sglgroup.com/cms/international/products/product-groups/cf/fibersoxidized-for-bellows/index.html?\\_locale=en](http://www.sglgroup.com/cms/international/products/product-groups/cf/fibersoxidized-for-bellows/index.html?_locale=en)
- [45] PICHOVÁ, Jana. *Tepelný komfort úpletů ze speciálních vláken za vlhka*. Liberec, 2010. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Luboš Hes.
- [46] Interní norma č. 12-108-01/01. *Definice.: Geometrické vlastnosti staplových přízí*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. Dostupné z:  
[http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2012-108-01\\_01.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/5Normy/IN%2012-108-01_01.pdf)
- [48] BERNÁ, Zuzana. *Dvouvýběrové parametrické a neparametrické testy*. Brno, 2006. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/106914/prif\\_b/Bakalarska\\_prace.pdf](http://is.muni.cz/th/106914/prif_b/Bakalarska_prace.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně. Vedoucí práce RNDr. Marie Budíková.
- [49] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. *Interaktivní statistická analýza dat*. Vyd. 3., V nakl. Karolinum 1. Praha: Karolinum, 2012, 953 s. ISBN 978-802-4621-739
- [50] [EDITOR-IN CHIEF, Barbara Elvers, Giuseppe Bellussi EDITORIAL ADVISORY

- BOARD a [EDITOR-IN CHIEF. *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry: High-Performance Fibers*. 7th, completely rev. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2012. ISBN 35-273-2943-9.
- [51] SLG GROUP THE CARBON COMPANY. *Panox The Thermally Stabilized Textile Fiber: Oxidized Fiber*. Wiesbaden, Germany, 2013.
- [52] ISO 7730. *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Third edition. Switzerland, 2005.
- [53] Militký, J. a Havrdová, M.: *Porosity and air permeability of composite clean room textiles*. International Journal of Clothing Science and Technology, **13**(3/4) p. 280-289, (2001).
- [54] YAMASHITA, Yoshihiro, Hiroaki YAMADA a Hajime MIYAKE. *Journal of Textile Engineering: Effective Thermal Conductivity of Plain Weave Fabric and its Composite Material Made from High Strength Fibers*. Vol.54, No.4. Japan: The Textile Machinery Society of Japan, 2008, s. 111-119.

## 11 Seznam obrázků:

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1. Testování ochranných oděvů pomocí figurín.....                                                             | 20 |
| Obr. 2 a) Přístroj simulující pocení tzv. Sweating cylinder .....                                                  | 21 |
| b) Průřez potní žlázou.....                                                                                        | 21 |
| Obr. 3 a) Hliníková kombinéza testovaná na tepelné figuríně .....                                                  | 22 |
| b) Schematický náčrt figuríny v klimatické komoře.....                                                             | 21 |
| Obr. 4. Struktura Nomexu .....                                                                                     | 23 |
| Obr. 5. Struktura Kevlaru .....                                                                                    | 24 |
| Obr. 6. Struktura Technory.....                                                                                    | 24 |
| Obr. 7. Schéma přístroje Alambeta .....                                                                            | 26 |
| Obr. 8. Minimální tloušťka $h$ textilie mající tepelnou vodivost vzduchu pro zadaný tepelný komfort $c_{lo}$ ..... | 25 |
| Obr. 9. Vrchní vrstva č. 1 .....                                                                                   | 34 |
| Obr. 10. Vnitřní vrstva č. 5.....                                                                                  | 34 |
| Obr. 11. Zesílená izolační vrstva č. 9 .....                                                                       | 35 |
| Obr. 12. Spodní vrstva č. 10 .....                                                                                 | 36 |
| Obr. 13. Vrchní vrstva č. 2 .....                                                                                  | 37 |
| Obr. 14. Vnitřní vrstva č. 6.....                                                                                  | 38 |
| Obr. 15. Spodní vrstva č. 11 .....                                                                                 | 38 |
| Obr. 16. Vrchní vrstva č. 4 .....                                                                                  | 39 |
| Obr. 17. Vnitřní vrstva č. 8.....                                                                                  | 40 |
| Obr. 18. Zesílená izolační vrstva č. 9 .....                                                                       | 40 |
| Obr. 19. Spodní vrstva č. 13 .....                                                                                 | 41 |
| Obr. 20. Vrchní vrstva č. 3 .....                                                                                  | 42 |
| Obr. 21. Vnitřní vrstva č. 7.....                                                                                  | 42 |
| Obr. 22. Zesílená vnitřní vrstva č. 9 .....                                                                        | 43 |
| Obr. 23. Spodní vrstva s podšívkou č. 12.....                                                                      | 44 |
| Obr. 24. Tepelná vodivost jednotlivých vrstev naměřená a vypočítaná.....                                           | 49 |
| Obr. 25. Tepelný odpor vícevrstevných materiálů vypočítaný a naměřený.....                                         | 52 |

## 12 Seznam tabulek:

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1. Zjištěná hustota vláken.....                                                             | 44 |
| Tab. 2. Vypočítané hodnoty .....                                                                 | 45 |
| Tab. 3. Tepelná vodivost, tepelný odpor, tloušťka a plošná hmotnost jednotlivých materiálů ..... | 47 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 4. Naměřené a vypočítané tepelné vodivosti jednotlivých textilií ..... | 48 |
| Tab. 5. Tepelný odpor naměřený na Alambetě a vztažený na 1mm tloušťky ..... | 49 |
| Tab. 6. Vypočítaný a naměřený odpor a tloušťka .....                        | 51 |
| Tab. 7. Tepelný komfort jednotlivých textilií.....                          | 52 |
| Tab. 8. Tepelný komfort vícevrstvých materiálů .....                        | 53 |

### **13 Seznam příloh:**

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Příloha č. 1. Hodnoty naměřené na Alambetě na jednotlivých textiliích .....                           | 64 |
| Příloha č. 2. Různé kombinace jednotlivých vrstev textilií a jejich hodnoty naměřena na Alambetě..... | 70 |
| Příloha č. 3. Hodnoty tepelného komfortu [ <i>clo</i> ] dle normy ISO 7730 [52] .....                 | 87 |

## 14 Přílohy

### Příloha č. 1. Hodnoty naměřené na Alambetě na jednotlivých textiliích

| 1. FR3 Horse líc vrchní vrstva: 53% Karmel, 39% LenzingFR, 8% Technora, vazba RipStop |        |        |        |        |        | x              | s                | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                         | 0,0459 | 0,0464 | 0,0456 | 0,047  | 0,0454 | <b>0,04606</b> | <b>0,0005783</b> | <b>1,255478</b> | <b>0,046611</b> | <b>0,045509</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                 | 0,0097 | 0,0096 | 0,0097 | 0,0097 | 0,0098 | <b>0,0097</b>  | <b>6,325E-05</b> | <b>0,652016</b> | <b>0,00976</b>  | <b>0,00964</b>  |
| h [mm]                                                                                | 0,44   | 0,44   | 0,44   | 0,46   | 0,44   | <b>0,444</b>   | <b>0,008</b>     | <b>1,801802</b> | <b>0,451627</b> | <b>0,436373</b> |

| 1. FR3 Horse rub vrchní vrstva: 53% Karmel, 39% LenzingFR, 8% Technora, vazba RipStop |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                         | 0,0469 | 0,0463 | 0,0477 | 0,0464 | 0,0463 | <b>0,04672</b> | <b>0,000538</b> | <b>1,151851</b> | <b>0,047233</b> | <b>0,046207</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                 | 0,0099 | 0,01   | 0,0097 | 0,01   | 0,0094 | <b>0,0098</b>  | <b>0,000228</b> | <b>2,326889</b> | <b>0,010017</b> | <b>0,009583</b> |
| h [mm]                                                                                | 0,46   | 0,46   | 0,46   | 0,46   | 0,45   | <b>0,458</b>   | <b>0,004</b>    | <b>0,873362</b> | <b>0,461814</b> | <b>0,454186</b> |

| 2. HR3 Petr líc vrchní vrstva 30% Kevlar 70% Panox, kepr, 260g/m2 |        |        |        |        |        | x              | s                | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                     | 0,0588 | 0,0598 | 0,0544 | 0,0579 | 0,0573 | <b>0,05764</b> | <b>0,0018271</b> | <b>3,169897</b> | <b>0,059382</b> | <b>0,055898</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                             | 0,0105 | 0,0106 | 0,0127 | 0,0112 | 0,011  | <b>0,0112</b>  | <b>0,0007925</b> | <b>7,075576</b> | <b>0,011956</b> | <b>0,010444</b> |
| h [mm]                                                            | 0,63   | 0,62   | 0,69   | 0,65   | 0,63   | <b>0,644</b>   | <b>0,02498</b>   | <b>3,878881</b> | <b>0,667816</b> | <b>0,620184</b> |

| 2. HR3 Petr rub vrchní vrstva 30% Kevlar 70% Panox, kepr, 260g/m2 |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                     | 0,0588 | 0,0586 | 0,0592 | 0,0587 | 0,0587 | <b>0,0588</b>  | <b>0,00021</b>  | <b>0,356738</b> | <b>0,059</b>    | <b>0,0586</b>   |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                             | 0,011  | 0,0103 | 0,0103 | 0,011  | 0,0112 | <b>0,01076</b> | <b>0,000383</b> | <b>3,555971</b> | <b>0,011125</b> | <b>0,010395</b> |
| h [mm]                                                            | 0,65   | 0,61   | 0,61   | 0,65   | 0,65   | <b>0,634</b>   | <b>0,019596</b> | <b>3,090839</b> | <b>0,652683</b> | <b>0,615317</b> |



| 3. FR4 Bull líc vrchní vrstva: 41% Lenzing, 1% PA6.6, 49%Kermel, 9% Technora, 180g/m2 |        |        |        |        |        | x             | s                | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                         | 0,0412 | 0,0402 | 0,0399 | 0,0414 | 0,0458 | <b>0,0417</b> | <b>0,0021279</b> | <b>5,102901</b> | <b>0,043729</b> | <b>0,039671</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                 | 0,0096 | 0,0094 | 0,0099 | 0,0096 | 0,01   | <b>0,0097</b> | <b>0,0002191</b> | <b>2,25865</b>  | <b>0,009909</b> | <b>0,009491</b> |
| h [mm]                                                                                | 0,4    | 0,38   | 0,4    | 0,4    | 0,46   | <b>0,408</b>  | <b>0,0271293</b> | <b>6,649343</b> | <b>0,433865</b> | <b>0,382135</b> |

| 3. FR4 Bull rub vrchní vrstva: 41% Lenzing, 1% PA6.6, 49%Kermel, 9% Technora, 180g/m2 |        |        |        |        |        | x               | s               | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                         | 0,0456 | 0,046  | 0,0462 | 0,0471 | 0,0459 | <b>0,046225</b> | <b>0,000549</b> | <b>1,188603</b> | <b>0,046749</b> | <b>0,045701</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                 | 0,01   | 0,0097 | 0,0099 | 0,0096 | 0,0097 | <b>0,00978</b>  | <b>0,000147</b> | <b>1,502754</b> | <b>0,00992</b>  | <b>0,00964</b>  |
| h [mm]                                                                                | 0,46   | 0,44   | 0,46   | 0,45   | 0,44   | <b>0,45</b>     | <b>0,008944</b> | <b>1,987616</b> | <b>0,458527</b> | <b>0,441473</b> |

| 4. FR3 REX líc vrchní vrstva: 65% Lenzing, 22% Aramid, 12% Polyamid, 1% Beltron, 250g/m2 |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                            | 0,0546 | 0,054  | 0,0533 | 0,0545 | 0,0527 | <b>0,05382</b> | <b>0,000725</b> | <b>1,347051</b> | <b>0,054511</b> | <b>0,053129</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                    | 0,0075 | 0,0075 | 0,0076 | 0,0075 | 0,0077 | <b>0,00756</b> | <b>8E-05</b>    | <b>1,058201</b> | <b>0,007636</b> | <b>0,007484</b> |
| h [mm]                                                                                   | 0,41   | 0,4    | 0,4    | 0,41   | 0,4    | <b>0,404</b>   | <b>0,004899</b> | <b>1,212619</b> | <b>0,408671</b> | <b>0,399329</b> |

| 4. FR3 REX rub vrchní vrstva: 65% Lenzing, 22% Aramid, 12% Polyamid, 1% Beltron, 250g/m2 |        |        |        |        |        | x              | s                | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                            | 0,0535 | 0,0556 | 0,0551 | 0,0555 | 0,0542 | <b>0,05478</b> | <b>0,000808</b>  | <b>1,475822</b> | <b>0,055551</b> | <b>0,054009</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                    | 0,0075 | 0,0076 | 0,0075 | 0,0075 | 0,0076 | <b>0,00754</b> | <b>4,9E-05</b>   | <b>0,649732</b> | <b>0,007587</b> | <b>0,007493</b> |
| h [mm]                                                                                   | 0,4    | 0,42   | 0,41   | 0,42   | 0,41   | <b>0,412</b>   | <b>0,007483</b>  | <b>1,816339</b> | <b>0,419135</b> | <b>0,404865</b> |
| 5. FR3 Horse líc: PU membrána TOPAZ nalaminování na 100% PES úpletu                      |        |        |        |        |        | x              | s                | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                            | 0,0512 | 0,051  | 0,0501 | 0,0507 | 0,0456 | <b>0,04972</b> | <b>0,0020932</b> | <b>4,210031</b> | <b>0,051716</b> | <b>0,047724</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                    | 0,01   | 0,0098 | 0,0099 | 0,0095 | 0,0096 | <b>0,00976</b> | <b>0,0001855</b> | <b>1,900332</b> | <b>0,009937</b> | <b>0,009583</b> |
| h [mm]                                                                                   | 0,51   | 0,5    | 0,5    | 0,43   | 0,44   | <b>0,476</b>   | <b>0,0338231</b> | <b>7,105687</b> | <b>0,508247</b> | <b>0,443753</b> |

| 5. FR3 Horse rub: PU membrána TOPAZ nalaminování na 100% PES úpletu |        |        |        |       |        | x       | s        | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|---------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                         | 0,0467 | 0,0463 | 0,0516 | 0,051 | 0,0518 | 0,04948 | 0,002451 | 4,952774 | 0,051816    | 0,047144    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                 | 0,0094 | 0,0094 | 0,0099 | 0,01  | 0,0099 | 0,00972 | 0,000264 | 2,714178 | 0,009972    | 0,009468    |
| $h$ [mm]                                                            | 0,44   | 0,51   | 0,52   | 0,51  | 0,51   | 0,498   | 0,029257 | 5,874996 | 0,525894    | 0,470106    |

| 6. HR3 Petr líc: vnitřní izolační vrstva, Meta-Aramidový filc, 300g/m2 |        |        |       |        |        | x       | s         | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|-----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                            | 0,0366 | 0,0383 | 0,037 | 0,0376 | 0,0378 | 0,03746 | 0,0005987 | 1,598145 | 0,038031    | 0,036889    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                    | 0,11   | 0,108  | 0,111 | 0,111  | 0,105  | 0,109   | 0,0022804 | 2,092065 | 0,111174    | 0,106826    |
| $h$ [mm]                                                               | 2,02   | 2,45   | 2,11  | 2,36   | 2,09   | 2,206   | 0,1676425 | 7,599387 | 2,365828    | 2,046172    |

| 6. HR3 Petr rub: vnitřní izolační vrstva, Meta-Aramidový filc, 300g/m2 |       |        |        |        |        | x      | s        | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                            | 0,038 | 0,0377 | 0,0381 | 0,0379 | 0,0378 | 0,0379 | 0,000141 | 0,373143 | 0,038035    | 0,037765    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                    | 0,108 | 0,109  | 0,108  | 0,107  | 0,109  | 0,1082 | 0,000748 | 0,691619 | 0,108913    | 0,107487    |
| $h$ [mm]                                                               | 2,42  | 2,09   | 2,13   | 2,06   | 2,31   | 2,202  | 0,139341 | 6,327943 | 2,334846    | 2,1069154   |

| 7. FR4 Bull líc vnitřní vrstva: 55% PTFE/45% PU, 100g/m2 |        |        |        |        |        | x       | s         | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]              | 0,0359 | 0,036  | 0,036  | 0,0367 | 0,0368 | 0,03628 | 0,0003868 | 1,066101 | 0,036649    | 0,035911    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                      | 0,0208 | 0,0198 | 0,0213 | 0,0209 | 0,0195 | 0,02046 | 0,0006888 | 3,366408 | 0,021117    | 0,019803    |
| $h$ [mm]                                                 | 0,55   | 0,51   | 0,57   | 0,57   | 0,54   | 0,548   | 0,0222711 | 4,064062 | 0,569233    | 0,526767    |

| 7. FR4 Bull rub vnitřní vrstva: 55% PTFE/45% PU, 100g/m2 |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]              | 0,0365 | 0,036  | 0,0366 | 0,0358 | 0,0342 | 0,03582 | 0,000863 | 2,410612 | 0,036643    | 0,034997    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                      | 0,0206 | 0,0199 | 0,0214 | 0,0206 | 0,0201 | 0,02052 | 0,000519 | 2,530362 | 0,021015    | 0,020025    |

|                                                                 |      |      |      |      |      |              |                 |                 |                     |                     |
|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|--------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>7. FR4 Bull rub vnitřní vrstva: 55% PTFE/45% PU, 100g/m2</b> |      |      |      |      |      | <b>x</b>     | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS<br/>HM</b> | <b>95%IS<br/>DM</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                   | 0,57 | 0,54 | 0,53 | 0,57 | 0,51 | <b>0,544</b> | <b>0,023324</b> | <b>4,287465</b> | <b>0,566237</b>     | <b>0,521763</b>     |

|                                                                                          |        |        |        |        |        |                |                  |                 |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>8.FR3 Rex líc PU membrána TOPAZ nalaminování na úpletu 100% PES Interlock 145g/m2</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>         | <b>v</b>        | <b>95%IS<br/>HM</b> | <b>95%IS<br/>DM</b> |
| <b><math>\lambda</math> [Wm<sup>-1</sup>k<sup>-1</sup>]</b>                              | 0,0512 | 0,051  | 0,0501 | 0,0507 | 0,0456 | <b>0,04972</b> | <b>0,0020932</b> | <b>4,210031</b> | <b>0,051716</b>     | <b>0,047724</b>     |
| <b>r [K m<sup>2</sup>W<sup>-1</sup>]</b>                                                 | 0,01   | 0,0098 | 0,0099 | 0,0095 | 0,0096 | <b>0,00976</b> | <b>0,0001855</b> | <b>1,900332</b> | <b>0,009937</b>     | <b>0,009583</b>     |
| <b>h [mm]</b>                                                                            | 0,51   | 0,5    | 0,5    | 0,43   | 0,44   | <b>0,476</b>   | <b>0,0338231</b> | <b>7,105687</b> | <b>0,508247</b>     | <b>0,443753</b>     |

|                                                                                          |        |        |        |       |        |                |                 |                 |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>8.FR3 Rex rub PU membrána TOPAZ nalaminování na úpletu 100% PES Interlock 145g/m2</b> |        |        |        |       |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS<br/>HM</b> | <b>95%IS<br/>DM</b> |
| <b><math>\lambda</math> [Wm<sup>-1</sup>k<sup>-1</sup>]</b>                              | 0,0467 | 0,0463 | 0,0516 | 0,051 | 0,0518 | <b>0,04948</b> | <b>0,002451</b> | <b>4,952774</b> | <b>0,051816</b>     | <b>0,047144</b>     |
| <b>r [K m<sup>2</sup>W<sup>-1</sup>]</b>                                                 | 0,0094 | 0,0094 | 0,0099 | 0,01  | 0,0099 | <b>0,00972</b> | <b>0,000264</b> | <b>2,714178</b> | <b>0,009972</b>     | <b>0,009468</b>     |
| <b>h [mm]</b>                                                                            | 0,44   | 0,51   | 0,52   | 0,51  | 0,51   | <b>0,498</b>   | <b>0,029257</b> | <b>5,874996</b> | <b>0,525894</b>     | <b>0,470106</b>     |

|                                                                                            |        |        |        |        |        |                |                  |                 |                     |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>9. FR3, FR4 izolační 3D profilovaná textilie, líc, 125g/m2 50% Nomex, 50% lenzingFR</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>         | <b>v</b>        | <b>95%IS<br/>HM</b> | <b>95%IS<br/>DM</b> |
| <b><math>\lambda</math> [Wm<sup>-1</sup>k<sup>-1</sup>]</b>                                | 0,0355 | 0,0366 | 0,0345 | 0,0358 | 0,0345 | <b>0,03538</b> | <b>0,0008035</b> | <b>2,271036</b> | <b>0,036146</b>     | <b>0,034614</b>     |
| <b>r [K m<sup>2</sup>W<sup>-1</sup>]</b>                                                   | 0,0345 | 0,0353 | 0,0359 | 0,035  | 0,0374 | <b>0,03562</b> | <b>0,0009988</b> | <b>2,804041</b> | <b>0,036572</b>     | <b>0,034668</b>     |
| <b>h [mm]</b>                                                                              | 1,22   | 1,29   | 1,24   | 1,25   | 1,29   | <b>1,258</b>   | <b>0,0278568</b> | <b>2,21437</b>  | <b>1,284558</b>     | <b>1,231442</b>     |

|                                                                                            |        |        |        |        |        |                |                 |                 |                     |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>9. FR3, FR4 izolační 3D profilovaná textilie, rub, 125g/m2 50% Nomex, 50% lenzingFR</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS<br/>HM</b> | <b>95%IS<br/>DM</b> |
| <b><math>\lambda</math> [Wm<sup>-1</sup>k<sup>-1</sup>]</b>                                | 0,0365 | 0,0357 | 0,0343 | 0,0358 | 0,0352 | <b>0,0355</b>  | <b>0,000729</b> | <b>2,054601</b> | <b>0,036195</b>     | <b>0,034805</b>     |
| <b>r [K m<sup>2</sup>W<sup>-1</sup>]</b>                                                   | 0,0373 | 0,034  | 0,0355 | 0,0376 | 0,0374 | <b>0,03636</b> | <b>0,001401</b> | <b>3,852742</b> | <b>0,037696</b>     | <b>0,035024</b>     |
| <b>h [mm]</b>                                                                              | 1,34   | 1,21   | 1,22   | 1,35   | 1,34   | <b>1,292</b>   | <b>0,063056</b> | <b>4,880459</b> | <b>1,352116</b>     | <b>1,231884</b>     |

|                                                                                                  |  |  |  |  |  |          |          |          |                     |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|----------|----------|----------|---------------------|---------------------|
| <b>10. FR3 Horse spodní izolační vrstva s podšívkou: 50% Aramid, 50% Lenzinf FR, prošev, líc</b> |  |  |  |  |  | <b>x</b> | <b>s</b> | <b>v</b> | <b>95%IS<br/>HM</b> | <b>95%IS<br/>DM</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|----------|----------|----------|---------------------|---------------------|

| 10. FR3 Horse spodní izolační vrstva s podšívkou: 50% Aramid, 50% Lenzinf FR, prošev, líc |        |        |        |        |        | x       | s         | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                                               | 0,0375 | 0,0391 | 0,0375 | 0,0367 | 0,0373 | 0,03762 | 0,000796  | 2,115869 | 0,038379    | 0,036861    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                                       | 0,0678 | 0,0575 | 0,0793 | 0,0789 | 0,0703 | 0,07076 | 0,0080497 | 11,37612 | 0,078435    | 0,063085    |
| $h$ [mm]                                                                                  | 1,54   | 1,25   | 1,67   | 1,39   | 1,62   | 1,494   | 0,1544798 | 10,34001 | 1,641279    | 1,346721    |

| 10. FR3 Horse spodní izolační vrstva s podšívkou: 50% Aramid, 50% Lenzinf FR, prošev, rub |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                                               | 0,0371 | 0,0375 | 0,0373 | 0,0383 | 0,0386 | 0,03776 | 0,000585 | 1,549655 | 0,038318    | 0,037202    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                                       | 0,0737 | 0,0718 | 0,0777 | 0,0713 | 0,064  | 0,0717  | 0,00446  | 6,220425 | 0,075952    | 0,067448    |
| $h$ [mm]                                                                                  | 1,74   | 1,59   | 1,69   | 1,63   | 1,47   | 1,624   | 0,092434 | 5,691734 | 1,712125    | 1,535875    |

| 11. HR3 Petr spodní vrstva: 100% bavlna, kepr, 320g/m2, trvale nehořlavá úprava, líc |        |        |        |       |        | x       | s         | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|-----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                                          | 0,0585 | 0,0573 | 0,0573 | 0,054 | 0,0572 | 0,05686 | 0,0015081 | 2,652324 | 0,058298    | 0,055422    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                                  | 0,0094 | 0,0094 | 0,0097 | 0,01  | 0,0094 | 0,00958 | 0,00024   | 2,505219 | 0,009809    | 0,009351    |
| $h$ [mm]                                                                             | 0,55   | 0,54   | 0,56   | 0,54  | 0,54   | 0,546   | 0,008     | 1,465201 | 0,553627    | 0,538373    |

| 11. HR3 Petr spodní vrstva: 100% bavlna, kepr, 320g/m2, trvale nehořlavá úprava, rub |        |        |         |       |        | x        | s        | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                                          | 0,0534 | 0,0555 | 0,0547  | 0,055 | 0,0644 | 0,0566   | 0,003961 | 6,998786 | 0,060377    | 0,052823    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                                  | 0,0103 | 0,0099 | 0,00098 | 0,01  | 0,0082 | 0,007876 | 0,003525 | 44,76177 | 0,011237    | 0,004515    |
| $h$ [mm]                                                                             | 0,55   | 0,55   | 0,54    | 0,55  | 0,52   | 0,542    | 0,011662 | 2,151643 | 0,553118    | 0,530882    |

| 12. FR4 Bull spodní izolační vrstva s podšívkou: 55% Lenzing/ 45% M-aramid, 220g/m2, líc |        |        |        |        |        | x       | s         | v        | 95%IS<br>HM | 95%IS<br>DM |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|----------|-------------|-------------|
| $\lambda$ [ $\text{Wm}^{-1}\text{k}^{-1}$ ]                                              | 0,0386 | 0,0388 | 0,0374 | 0,0386 | 0,0383 | 0,03834 | 0,0004964 | 1,294697 | 0,038813    | 0,037867    |
| $r$ [ $\text{K m}^2\text{W}^{-1}$ ]                                                      | 0,0406 | 0,0396 | 0,0385 | 0,0373 | 0,038  | 0,0388  | 0,0011713 | 3,018876 | 0,039917    | 0,037683    |
| $h$ [mm]                                                                                 | 1,27   | 1,23   | 1,14   | 1,44   | 1,45   | 1,306   | 0,121095  | 9,272206 | 1,421451    | 1,421451    |

| 12. FR4 Bull spodní izolační vrstva s podšívkou: 55% Lenzing/ 45% M-aramid, 220g/m2, rub |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                                            | 0,0384 | 0,0371 | 0,0375 | 0,0386 | 0,0376 | <b>0,03784</b> | <b>0,000568</b> | <b>1,500536</b> | <b>0,038381</b> | <b>0,037299</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                                    | 0,0379 | 0,0385 | 0,0395 | 0,0394 | 0,0378 | <b>0,03862</b> | <b>0,000719</b> | <b>1,86288</b>  | <b>0,039306</b> | <b>0,037934</b> |
| h [mm]                                                                                   | 1,45   | 1,43   | 1,28   | 1,12   | 1,12   | <b>1,28</b>    | <b>0,143248</b> | <b>11,19125</b> | <b>1,416571</b> | <b>1,143429</b> |

| 13. FR3 Rex Spodní izolační vrstva: 50%/50% Aramid/LenzingFR, 270g/m2, líc |        |        |        |        |        | x              | s                | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                              | 0,0371 | 0,0376 | 0,0382 | 0,0364 | 0,0372 | <b>0,0373</b>  | <b>0,0005933</b> | <b>1,590606</b> | <b>0,037866</b> | <b>0,036734</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                      | 0,0657 | 0,0684 | 0,111  | 0,0652 | 0,0658 | <b>0,07522</b> | <b>0,0179248</b> | <b>23,8298</b>  | <b>0,092309</b> | <b>0,058131</b> |
| h [mm]                                                                     | 1,44   | 1,57   | 1,24   | 1,44   | 1,45   | <b>1,428</b>   | <b>0,1060943</b> | <b>7,429573</b> | <b>1,529149</b> | <b>1,326851</b> |
| 13. FR3 Rex Spodní izolační vrstva: 50%/50% Aramid/LenzingFR, 270g/m2, rub |        |        |        |        |        | x              | s                | v               | 95%IS<br>HM     | 95%IS<br>DM     |
| $\lambda$ [Wm <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> ]                              | 0,0386 | 0,0367 | 0,0376 | 0,0369 | 0,0362 | <b>0,0372</b>  | <b>0,000832</b>  | <b>2,236197</b> | <b>0,037993</b> | <b>0,036407</b> |
| r [K m <sup>2</sup> W <sup>-1</sup> ]                                      | 0,0812 | 0,0674 | 0,0673 | 0,0664 | 0,0683 | <b>0,07012</b> | <b>0,005573</b>  | <b>7,947199</b> | <b>0,075433</b> | <b>0,064807</b> |
| h [mm]                                                                     | 1,14   | 1,48   | 1,53   | 1,45   | 1,48   | <b>1,416</b>   | <b>0,140371</b>  | <b>9,913202</b> | <b>1,549828</b> | <b>1,282172</b> |

**Příloha č. 2. Různé kombinace jednotlivých vrstev textilií a jejich hodnoty naměřena na Alambetě**

| <b>1.5.10) FR3 Fire Horse 3 vrstvý(vrchní vrstva, PU membrána, spodní vrstva s podšívkou)vyráběno výrobcem v tomto pořadí</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                                                                            | 0,0416 | 0,042  | 0,0416 | 0,0421 | 0,042  | <b>0,04186</b> | <b>0,000215</b> | <b>0,514588</b> | <b>0,042065</b> | <b>0,041655</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                                                                            | 0,0847 | 0,0846 | 0,0848 | 0,0829 | 0,0828 | <b>0,08396</b> | <b>0,000909</b> | <b>1,082736</b> | <b>0,084827</b> | <b>0,083093</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                                                                                 | 2,53   | 2,55   | 2,45   | 2,49   | 2,53   | <b>2,51</b>    | <b>0,035777</b> | <b>1,425382</b> | <b>2,544109</b> | <b>2,475891</b> |

| <b>10.5.1) (spodní vrstva, PU membrána, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                         | 0,042  | 0,0428 | 0,0417 | 0,0426 | 0,0426 | <b>0,04234</b> | <b>0,000418</b> | <b>0,98633</b>  | <b>0,042738</b> | <b>0,041942</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                         | 0,0868 | 0,0825 | 0,0903 | 0,0921 | 0,0885 | <b>0,08804</b> | <b>0,003287</b> | <b>3,733881</b> | <b>0,091174</b> | <b>0,084906</b> |
| <b>h [mm]</b>                                              | 2,65   | 2,53   | 2,61   | 2,66   | 2,51   | <b>2,592</b>   | <b>0,061449</b> | <b>2,370724</b> | <b>2,650585</b> | <b>2,533415</b> |

| <b>1.10.5) (vrchní vrstva, spodní vrstva, PU membrána)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                         | 0,0441 | 0,0437 | 0,0427 | 0,0431 | 0,0425 | <b>0,04322</b> | <b>0,000601</b> | <b>1,391328</b> | <b>0,043793</b> | <b>0,042647</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                         | 0,0844 | 0,0866 | 0,0854 | 0,0879 | 0,0892 | <b>0,0867</b>  | <b>0,001713</b> | <b>1,976328</b> | <b>0,088334</b> | <b>0,085066</b> |
| <b>h [mm]</b>                                              | 2,72   | 2,79   | 2,64   | 2,79   | 2,79   | <b>2,746</b>   | <b>0,059532</b> | <b>2,167935</b> | <b>2,802757</b> | <b>2,689243</b> |

| <b>5.10.1) (PU membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                         | 0,0467 | 0,0438 | 0,0436 | 0,044  | 0,043  | <b>0,04422</b> | <b>0,001284</b> | <b>2,904495</b> | <b>0,045445</b> | <b>0,042995</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                         | 0,0815 | 0,0862 | 0,0872 | 0,0864 | 0,0888 | <b>0,08602</b> | <b>0,002438</b> | <b>2,834643</b> | <b>0,088345</b> | <b>0,083695</b> |
| <b>h [mm]</b>                                              | 2,8    | 2,78   | 2,8    | 2,8    | 2,82   | <b>2,8</b>     | <b>0,012649</b> | <b>0,451754</b> | <b>2,81206</b>  | <b>2,78794</b>  |

| <b>5.1.10) (PU membrána,vrchní vrstva, spodní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                        | 0,0432 | 0,0424 | 0,0406 | 0,0417 | 0,0431 | <b>0,0422</b>  | <b>0,000965</b> | <b>2,287681</b> | <b>0,04312</b>  | <b>0,04128</b>  |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                         | 0,0871 | 0,0913 | 0,0915 | 0,0832 | 0,0888 | <b>0,08838</b> | <b>0,003063</b> | <b>3,465648</b> | <b>0,0913</b>   | <b>0,08546</b>  |
| <b>h [mm]</b>                                             | 2,76   | 2,87   | 2,71   | 2,47   | 2,83   | <b>2,728</b>   | <b>0,140342</b> | <b>5,144518</b> | <b>2,861801</b> | <b>2,594199</b> |

| <b>10.1.5) (spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>       | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                         | 0,0425 | 0,0421 | 0,0419 | 0,0421 | 0,0437 | <b>0,04246</b> | <b>0,00065</b> | <b>1,530671</b> | <b>0,04308</b>  | <b>0,04184</b>  |

| 10.1.5) (spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |       | x      | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|----------|----------|----------|----------|
| r [Km2W-1]                                          | 0,0877 | 0,0949 | 0,0927 | 0,0897 | 0,091 | 0,0912 | 0,002469 | 2,707246 | 0,093554 | 0,088846 |
| h [mm]                                              | 2,73   | 2,99   | 2,88   | 2,78   | 2,88  | 2,852  | 0,0902   | 3,162685 | 2,937995 | 2,766005 |

| 1.9.5.10) FR3 Horse 4 vrstvy (vrchní vrstva, 3D vrstva, PU membrána, spodní vrstva) vyráběno výrobcem |        |        |        |        |       | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                                                           | 0,0423 | 0,0422 | 0,0427 | 0,0419 | 0,042 | 0,04222 | 0,000279 | 0,6598   | 0,042486 | 0,041954 |
| r [Km2W-1]                                                                                            | 0,113  | 0,113  | 0,113  | 0,116  | 0,115 | 0,114   | 0,001265 | 1,109571 | 0,115206 | 0,112794 |
| h [mm]                                                                                                | 3,78   | 3,78   | 3,82   | 3,86   | 3,84  | 3,816   | 0,032    | 0,838574 | 3,846508 | 3,785492 |

| 10.5.9.1) (spodní vrstva, PU membrána, 3D vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,042  | 0,0428 | 0,0417 | 0,0426 | 0,0426 | 0,04234 | 0,000418 | 0,98633  | 0,042738 | 0,041942 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,0868 | 0,0825 | 0,0864 | 0,086  | 0,0824 | 0,08482 | 0,001952 | 2,301131 | 0,086681 | 0,082959 |
| h [mm]                                                           | 3,65   | 3,53   | 3,61   | 3,66   | 3,51   | 3,592   | 0,061449 | 1,710723 | 3,650585 | 3,533415 |

| 1.5.9.10) (vrchní vrstva, PU membrána, 3D vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,0408 | 0,0435 | 0,0402 | 0,0415 | 0,0423 | 0,04166 | 0,001157 | 2,776986 | 0,042763 | 0,040557 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,118  | 0,117  | 0,122  | 0,123  | 0,114  | 0,1188  | 0,003311 | 2,786691 | 0,121956 | 0,115644 |
| h [mm]                                                           | 3,84   | 3,07   | 2,92   | 3,09   | 3,81   | 3,346   | 0,395606 | 11,82325 | 3,723166 | 2,968834 |

| 10.9.5.1) (spodní vrstva, 3D vrstva, PU membrána, vrchní vrstva) |        |        |        |        |       | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,0417 | 0,0433 | 0,0419 | 0,0418 | 0,042 | 0,04214 | 0,000589 | 1,396672 | 0,042701 | 0,041579 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,121  | 0,117  | 0,122  | 0,117  | 0,12  | 0,1194  | 0,002059 | 1,724561 | 0,121363 | 0,117437 |
| h [mm]                                                           | 4,03   | 3,08   | 3,12   | 3,87   | 3,04  | 3,428   | 0,429949 | 12,54226 | 3,837908 | 3,018092 |

| 1.5.10.9) (vrchní vrstva, Pu membrána, spodní vrstva, 3D vrstva) |        |        |       |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,0414 | 0,0423 | 0,41  | 0,0426 | 0,0418 | 0,11562 | 0,147191 | 127,3055 | 0,25595  | -0,02471 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,118  | 0,119  | 0,122 | 0,119  | 0,121  | 0,1198  | 0,00147  | 1,22679  | 0,121201 | 0,118399 |
| h [mm]                                                           | 3,9    | 3,03   | 3,98  | 3,06   | 3,05   | 3,404   | 0,438479 | 12,88129 | 3,822041 | 2,985959 |

| <b>9.10.5.1) (3D vrstva, spodní vrstva, PU membrána, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                                      | 0,0427 | 0,0413 | 0,0411 | 0,0413 | 0,0409 | <b>0,04146</b> | <b>0,000637</b> | <b>1,537615</b> | <b>0,042068</b> | <b>0,040852</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                       | 0,115  | 0,122  | 0,122  | 0,119  | 0,122  | <b>0,12</b>    | <b>0,002757</b> | <b>2,297341</b> | <b>0,122628</b> | <b>0,117372</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 2,93   | 3,06   | 2,99   | 2,92   | 4,01   | <b>3,182</b>   | <b>0,417008</b> | <b>13,10523</b> | <b>3,579571</b> | <b>2,784429</b> |

| <b>1.10.5.9) (vrchní vrstva, spodní vrstva, PU membrána, 3D vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b> | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                                      | 0,0425 | 0,0419 | 0,0408 | 0,0412 | 0,0422 | 0,04172  | <b>0,000631</b> | <b>1,511398</b> | <b>0,042321</b> | <b>0,041119</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                       | 0,119  | 0,119  | 0,123  | 0,124  | 0,119  | 0,1208   | <b>0,002227</b> | <b>1,843631</b> | <b>0,122923</b> | <b>0,118677</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,04   | 3,98   | 4,03   | 4,1    | 4,03   | 4,036    | <b>0,038262</b> | <b>0,948024</b> | <b>4,072479</b> | <b>3,999521</b> |

| <b>9.5.10.1) (3D vrstva, PU membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>      | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                                      | 0,0429 | 0,0441 | 0,0423 | 0,0425 | 0,0422 | <b>0,0428</b> | <b>0,000693</b> | <b>1,618739</b> | <b>0,043461</b> | <b>0,042139</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                       | 0,115  | 0,108  | 0,112  | 0,117  | 0,114  | <b>0,1132</b> | <b>0,003059</b> | <b>2,702661</b> | <b>0,116117</b> | <b>0,110283</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 3,95   | 3,75   | 3,72   | 3,98   | 3,88   | <b>3,856</b>  | <b>0,104422</b> | <b>2,708045</b> | <b>3,955555</b> | <b>3,756445</b> |

| <b>1.10.9.5) (vrchní vrstva, spodní vrstva, 3D vrstva, PU membrána)</b> |        |        |        |       |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                                      | 0,0447 | 0,0443 | 0,0439 | 0,045 | 0,0448 | <b>0,04454</b> | <b>0,000393</b> | <b>0,882213</b> | <b>0,044915</b> | <b>0,044165</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                       | 0,109  | 0,11   | 0,113  | 0,108 | 0,11   | <b>0,11</b>    | <b>0,001673</b> | <b>1,5212</b>   | <b>0,111595</b> | <b>0,108405</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 3,89   | 3,89   | 3,95   | 3,87  | 3,93   | <b>3,906</b>   | <b>0,029394</b> | <b>0,752531</b> | <b>3,934024</b> | <b>3,877976</b> |

| <b>5.9.10.1) (PU membrána, 3D vrstva, spodní vrstva, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                                      | 0,0452 | 0,0453 | 0,0445 | 0,0439 | 0,0455 | <b>0,04488</b> | <b>0,000595</b> | <b>1,324962</b> | <b>0,045447</b> | <b>0,044313</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                       | 0,105  | 0,11   | 0,109  | 0,11   | 0,107  | <b>0,1082</b>  | <b>0,001939</b> | <b>1,792118</b> | <b>0,110049</b> | <b>0,106351</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 3,15   | 3,97   | 3,85   | 3,83   | 3,87   | <b>3,734</b>   | <b>0,295946</b> | <b>7,925708</b> | <b>4,016151</b> | <b>3,451849</b> |

| <b>1.9.10.5) (vrchní vrstva, 3D vrstva,spodní vrstva,PU membrána)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>      | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1K-1]</b>                                                    | 0,0438 | 0,0444 | 0,0442 | 0,0459 | 0,0462 | <b>0,0449</b> | <b>0,000963</b> | <b>2,145496</b> | <b>0,045818</b> | <b>0,043982</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                     | 0,117  | 0,115  | 0,113  | 0,111  | 0,109  | <b>0,113</b>  | <b>0,002828</b> | <b>2,503033</b> | <b>0,115697</b> | <b>0,110303</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                         | 4,13   | 4,11   | 4,99   | 4,11   | 4,02   | <b>4,272</b>  | <b>0,361021</b> | <b>8,450861</b> | <b>4,616193</b> | <b>3,927807</b> |



| 5.10.9.1) (PU membrána, spodní vrstva, 3D vrstva, vrchní vrstva) |        |        |       |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,0458 | 0,0445 | 0,047 | 0,0459 | 0,0459 | 0,04582 | 0,000793 | 1,731718 | 0,046576 | 0,045064 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,108  | 0,109  | 0,104 | 0,105  | 0,105  | 0,1062  | 0,001939 | 1,825868 | 0,108049 | 0,104351 |
| h [mm]                                                           | 3,93   | 3,83   | 3,87  | 3,85   | 3,83   | 3,862   | 0,037094 | 0,960499 | 3,897365 | 3,826635 |

| 9.1.5.10) (3D vrstva, vrchní vrstva, PU membrána,spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                     | 0,0406 | 0,0413 | 0,0407 | 0,0415 | 0,0408 | 0,04098 | 0,000354 | 0,864814 | 0,041318 | 0,040642 |
| r [Km2W-1]                                                      | 0,131  | 0,124  | 0,125  | 0,125  | 0,123  | 0,1256  | 0,0028   | 2,229299 | 0,128269 | 0,122931 |
| h [mm]                                                          | 4,33   | 4,13   | 4,09   | 4,2    | 4,02   | 4,154   | 0,105565 | 2,541289 | 4,254645 | 4,053355 |

| 10.5.1.9) (spodní vrstva, PU membrána, vrchní vrstva, 3D vrstva) |        |        |       |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,0402 | 0,0405 | 0,04  | 0,0385 | 0,0401 | 0,03986 | 0,0007   | 1,756863 | 0,040528 | 0,039192 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,127  | 0,124  | 0,127 | 0,127  | 0,128  | 0,1266  | 0,001356 | 1,071458 | 0,127893 | 0,125307 |
| h [mm]                                                           | 4,11   | 0,03   | 4,09  | 3,9    | 4,13   | 3,252   | 1,613101 | 49,60336 | 4,789911 | 1,714089 |

| 9.1.10.5) (3D vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,0433 | 0,0432 | 0,0438 | 0,0421 | 0,0415 | 0,04278 | 0,000847 | 1,980161 | 0,043588 | 0,041972 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,118  | 0,121  | 0,115  | 0,117  | 0,119  | 0,118   | 0,002    | 1,694915 | 0,119907 | 0,116093 |
| h [mm]                                                           | 4,09   | 4,22   | 4,05   | 3,95   | 3,95   | 4,052   | 0,100479 | 2,479735 | 4,147795 | 3,956205 |

| 5.10.1.9) ( PU membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva, 3D vrstva) |        |       |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                       | 0,0406 | 0,042 | 0,0423 | 0,0418 | 0,0417 | 0,04168 | 0,000578 | 1,385751 | 0,042231 | 0,041129 |
| r [Km2W-1]                                                        | 0,126  | 0,122 | 0,119  | 0,12   | 0,12   | 0,1214  | 0,002498 | 2,05766  | 0,123782 | 0,119018 |
| h [mm]                                                            | 4,13   | 4,14  | 4,05   | 4,2    | 4,02   | 4,108   | 0,064931 | 1,580592 | 4,169904 | 4,046096 |

| 9.10.1.5) (3D vrstva, spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1K-1]                                                      | 0,0437 | 0,0431 | 0,0426 | 0,0444 | 0,0436 | 0,04348 | 0,000605 | 1,390636 | 0,044056 | 0,042904 |
| r [Km2W-1]                                                       | 0,117  | 0,12   | 0,124  | 0,114  | 0,118  | 0,1186  | 0,003323 | 2,801559 | 0,121768 | 0,115432 |

| <b>9.10.1.5) (3D vrstva, spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána)</b> |      |     |      |      |      | <b>x</b>     | <b>s</b>       | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|------|------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,11 | 4,2 | 4,29 | 4,06 | 4,13 | <b>4,158</b> | <b>0,07985</b> | <b>1,920391</b> | <b>4,234128</b> | <b>4,081872</b> |

| <b>5.1.10.9) (PU membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva, 3D vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b><math>\lambda</math> [Wm-1K-1]</b>                                   | 0,0425 | 0,0429 | 0,0417 | 0,0426 | 0,0427 | <b>0,04248</b> | <b>0,000412</b> | <b>0,969457</b> | <b>0,042873</b> | <b>0,042087</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                       | 0,117  | 0,118  | 0,115  | 0,118  | 0,112  | <b>0,116</b>   | <b>0,00228</b>  | <b>1,96582</b>  | <b>0,118174</b> | <b>0,113826</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 3,95   | 4,09   | 3,79   | 4,05   | 3,78   | <b>3,932</b>   | <b>0,128437</b> | <b>3,266448</b> | <b>4,05445</b>  | <b>3,80955</b>  |

| <b>9.5.1.10) (3D vrstva, PU membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b><math>\lambda</math> [Wm-1K-1]</b>                                   | 0,0407 | 0,0412 | 0,0412 | 0,0411 | 0,0409 | <b>0,04102</b> | <b>0,000194</b> | <b>0,472714</b> | <b>0,041205</b> | <b>0,040835</b> |
| <b>r [Km2W-1]</b>                                                       | 0,126  | 0,124  | 0,122  | 0,121  | 0,125  | <b>0,1236</b>  | <b>0,001855</b> | <b>1,500586</b> | <b>0,125368</b> | <b>0,121832</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,14   | 4,2    | 4,01   | 3,99   | 4,09   | <b>4,086</b>   | <b>0,078638</b> | <b>1,924582</b> | <b>4,160973</b> | <b>4,011027</b> |

| <b>10.1.5.9) (spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána, 3D vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b><math>\lambda</math> [Wm-1k-1]</b>                                   | 0,0406 | 0,0407 | 0,0408 | 0,0388 | 0,0405 | <b>0,04028</b> | <b>0,000747</b> | <b>1,853839</b> | <b>0,040992</b> | <b>0,039568</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,124  | 0,126  | 0,123  | 0,131  | 0,125  | <b>0,1258</b>  | <b>0,002786</b> | <b>2,21437</b>  | <b>0,128456</b> | <b>0,123144</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,03   | 3,14   | 4,01   | 3,09   | 3,07   | <b>3,468</b>   | <b>0,451327</b> | <b>13,01404</b> | <b>3,89829</b>  | <b>3,03771</b>  |

| <b>5.9.1.10) (PU membrána, 3D vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva)</b> |        |        |        |       |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b><math>\lambda</math> [Wm-1k-1]</b>                                   | 0,0435 | 0,0437 | 0,0436 | 0,042 | 0,0419 | <b>0,04294</b> | <b>0,000811</b> | <b>1,889657</b> | <b>0,043714</b> | <b>0,042166</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,11   | 0,098  | 0,108  | 0,108 | 0,115  | <b>0,1078</b>  | <b>0,005528</b> | <b>5,128117</b> | <b>0,11307</b>  | <b>0,10253</b>  |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,78   | 4,69   | 4,72   | 4,52  | 4,8    | <b>4,702</b>   | <b>0,099277</b> | <b>2,111386</b> | <b>4,79665</b>  | <b>4,60735</b>  |

| <b>10.1.9.5) (spodní vrstva, vrchní vrstva, 3D vrstva, PU membrána)</b> |       |        |        |        |        | <b>x</b>        | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b><math>\lambda</math> [Wm-1k-1]</b>                                   | 0,042 | 0,0407 | 0,0405 | 0,0406 | 0,0406 | <b>0,040975</b> | <b>0,000593</b> | <b>1,447689</b> | <b>0,041541</b> | <b>0,040409</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,108 | 0,112  | 0,117  | 0,121  | 0,117  | <b>0,115</b>    | <b>0,004517</b> | <b>3,927509</b> | <b>0,119306</b> | <b>0,110694</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,48  | 4,57   | 4,72   | 4,45   | 4,4    | <b>4,524</b>    | <b>0,112534</b> | <b>2,487499</b> | <b>4,631289</b> | <b>4,416711</b> |

| 5.1.9.10) (PU membrána, vrchní vrstva, 3D vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |       |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0447 | 0,0443 | 0,0439 | 0,045 | 0,0448 | <b>0,04454</b> | <b>0,000393</b> | <b>0,882213</b> | <b>0,044915</b> | <b>0,044165</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,109  | 0,11   | 0,113  | 0,108 | 0,11   | <b>0,11</b>    | <b>0,001673</b> | <b>1,5212</b>   | <b>0,111595</b> | <b>0,108405</b> |
| h [mm]                                                           | 4,89   | 4,89   | 4,95   | 4,87  | 4,93   | <b>4,906</b>   | <b>0,029394</b> | <b>0,599141</b> | <b>4,934024</b> | <b>4,877976</b> |

| 10.9.1.5) (spodní vrstva, 3D vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva) |       |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|--------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                                | 0,046 | 0,0453 | 0,0445 | 0,0439 | 0,0455 | <b>0,04504</b> | <b>0,000747</b> | <b>1,659107</b> | <b>0,045752</b> | <b>0,044328</b> |
| r [K m2W-1]                                                        | 0,105 | 0,11   | 0,109  | 0,0999 | 0,107  | <b>0,10618</b> | <b>0,003579</b> | <b>3,370739</b> | <b>0,109592</b> | <b>0,102768</b> |
| h [mm]                                                             | 4,73  | 4,69   | 4,85   | 4,83   | 4,87   | <b>4,794</b>   | <b>0,07088</b>  | <b>1,478519</b> | <b>4,861576</b> | <b>4,726424</b> |

| 3.7.12) FR 4 Bull 3 vrstvý (vrchní vrstva, membrána, spodní izolační vrstva s podšívkou) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                                                      | 0,0407 | 0,0403 | 0,0405 | 0,0402 | 0,0394 | <b>0,04022</b> | <b>0,000445</b> | <b>1,105227</b> | <b>0,040644</b> | <b>0,039796</b> |
| r [K m2W-1]                                                                              | 0,0654 | 0,0617 | 0,0668 | 0,0639 | 0,0684 | <b>0,06524</b> | <b>0,002314</b> | <b>3,546839</b> | <b>0,067446</b> | <b>0,063034</b> |
| h [mm]                                                                                   | 2,66   | 2,48   | 1,71   | 2,57   | 2,69   | <b>2,422</b>   | <b>0,363505</b> | <b>15,00847</b> | <b>2,768561</b> | <b>2,075439</b> |

| 12.7.3) (spodní vrstva, membrána, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                              | 0,0416 | 0,0416 | 0,0413 | 0,0404 | 0,0406 | <b>0,0411</b>  | <b>0,000506</b> | <b>1,231057</b> | <b>0,041582</b> | <b>0,040618</b> |
| r [K m2W-1]                                      | 0,0604 | 0,0643 | 0,0612 | 0,0668 | 0,06   | <b>0,06254</b> | <b>0,00261</b>  | <b>4,174034</b> | <b>0,065029</b> | <b>0,060051</b> |
| h [mm]                                           | 2,51   | 1,68   | 2,53   | 1,7    | 2,44   | <b>2,172</b>   | <b>0,394735</b> | <b>18,17382</b> | <b>2,548336</b> | <b>1,795664</b> |

| 3.12.7) (vrchní vrstva, spodní vrstva, membrána) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                              | 0,0389 | 0,0388 | 0,0399 | 0,0386 | 0,0392 | <b>0,03908</b> | <b>0,000453</b> | <b>1,160264</b> | <b>0,039512</b> | <b>0,038648</b> |
| r [K m2W-1]                                      | 0,0665 | 0,0672 | 0,065  | 0,0686 | 0,066  | <b>0,06666</b> | <b>0,001206</b> | <b>1,809159</b> | <b>0,06781</b>  | <b>0,06551</b>  |
| h [mm]                                           | 2,59   | 2,6    | 2,6    | 2,65   | 2,59   | <b>2,606</b>   | <b>0,02245</b>  | <b>0,861471</b> | <b>2,627404</b> | <b>2,584596</b> |

| 7.12.3) (membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                              | 0,0392 | 0,0393 | 0,0,39 | 0,0395 | 0,0388 | <b>0,0392</b>  | <b>0,000255</b> | <b>0,650385</b> | <b>0,039443</b> | <b>0,038957</b> |
| r [K m2W-1]                                      | 0,0677 | 0,066  | 0,0678 | 0,0663 | 0,0678 | <b>0,06712</b> | <b>0,000798</b> | <b>1,189658</b> | <b>0,067881</b> | <b>0,066359</b> |
| h [mm]                                           | 2,66   | 2,6    | 2,64   | 2,62   | 2,63   | <b>2,63</b>    | <b>0,02</b>     | <b>0,760456</b> | <b>2,649068</b> | <b>2,610932</b> |

| 7.3.12) (membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                              | 0,0382 | 0,0395 | 0,0387 | 0,0397 | 0,0392 | <b>0,03906</b> | <b>0,000546</b> | <b>1,398515</b> | <b>0,039581</b> | <b>0,038539</b> |
| r [K m2W-1]                                      | 0,0692 | 0,0653 | 0,0663 | 0,0649 | 0,0643 | <b>0,066</b>   | <b>0,001727</b> | <b>2,617312</b> | <b>0,067647</b> | <b>0,064353</b> |
| h [mm]                                           | 2,64   | 2,58   | 2,56   | 2,58   | 2,52   | <b>2,576</b>   | <b>0,038781</b> | <b>1,505491</b> | <b>2,612974</b> | <b>2,539026</b> |

| 12.3.7) (spodní vrstva, vrchní vrstva, membrána) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|--------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                              | 0,0399 | 0,04   | 0,0393 | 0,0388 | 0,0395 | <b>0,0395</b>  | <b>0,000434</b> | <b>1,097695</b> | <b>0,039913</b> | <b>0,039087</b> |
| r [K m2W-1]                                      | 0,0661 | 0,0652 | 0,0668 | 0,0674 | 0,0662 | <b>0,06634</b> | <b>0,000736</b> | <b>1,110157</b> | <b>0,067042</b> | <b>0,065638</b> |
| h [mm]                                           | 2,64   | 2,6    | 2,62   | 2,62   | 2,61   | <b>2,618</b>   | <b>0,013266</b> | <b>0,506742</b> | <b>2,630648</b> | <b>2,605352</b> |

| 3.9.7.12)FR4 Bull 4 vrstvý(vrchní vrstva, 3D vrstva,membrána, spodní vrstva) |        |       |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                                          | 0,0416 | 0,041 | 0,0418 | 0,0405 | 0,0405 | <b>0,04108</b> | <b>0,000542</b> | <b>1,319008</b> | <b>0,041597</b> | <b>0,040563</b> |
| r [K m2W-1]                                                                  | 0,0915 | 0,091 | 0,0927 | 0,0932 | 0,0929 | <b>0,09226</b> | <b>0,000855</b> | <b>0,926333</b> | <b>0,093075</b> | <b>0,091445</b> |
| h [mm]                                                                       | 2,81   | 3,73  | 3,88   | 3,77   | 3,76   | <b>3,59</b>    | <b>0,393294</b> | <b>10,95526</b> | <b>3,964962</b> | <b>3,215038</b> |

| 12.7.9.3) (spodní vrstva, vrchní vrstva, membrána) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                | 0,0411 | 0,0435 | 0,04   | 0,0413 | 0,0415 | <b>0,04148</b> | <b>0,001136</b> | <b>2,737718</b> | <b>0,042563</b> | <b>0,040397</b> |
| r [K m2W-1]                                        | 0,0901 | 0,0875 | 0,0924 | 0,0929 | 0,0922 | <b>0,09102</b> | <b>0,002003</b> | <b>2,201052</b> | <b>0,09293</b>  | <b>0,08911</b>  |
| h [mm]                                             | 3,71   | 3,8    | 3,7    | 3,84   | 3,82   | <b>3,774</b>   | <b>0,057827</b> | <b>1,532256</b> | <b>3,829132</b> | <b>3,718868</b> |

| 3.7.9.12) (vrchní vrstva, membrána, 3D vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0426 | 0,0426 | 0,0413 | 0,0417 | 0,0428 | <b>0,0422</b>  | <b>0,00059</b>  | <b>1,397903</b> | <b>0,042762</b> | <b>0,041638</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0883 | 0,0892 | 0,0924 | 0,0927 | 0,0892 | <b>0,09036</b> | <b>0,001821</b> | <b>2,014774</b> | <b>0,092096</b> | <b>0,088624</b> |
| h [mm]                                                        | 3,76   | 3,8    | 3,82   | 3,87   | 3,82   | <b>3,814</b>   | <b>0,035553</b> | <b>0,932165</b> | <b>3,847896</b> | <b>3,780104</b> |

| 12.9.7.3) (spodní vrstva, 3D vrstva, membrána, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0417 | 0,0413 | 0,0412 | 0,0416 | 0,0401 | <b>0,04118</b> | <b>0,000571</b> | <b>1,385657</b> | <b>0,041724</b> | <b>0,040636</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0913 | 0,091  | 0,0922 | 0,0908 | 0,0951 | <b>0,09208</b> | <b>0,001584</b> | <b>1,72043</b>  | <b>0,09359</b>  | <b>0,09057</b>  |
| h [mm]                                                        | 3,8    | 3,74   | 3,8    | 3,78   | 3,82   | <b>3,788</b>   | <b>0,027129</b> | <b>0,716191</b> | <b>3,813865</b> | <b>3,762135</b> |

| 3.7.12.9) (vrchní vrstva, membrána, spodní vrstva, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0396 | 0,0406 | 0,0399 | 0,0401 | 0,0403 | <b>0,0401</b>  | <b>0,000341</b> | <b>0,849346</b> | <b>0,040425</b> | <b>0,039775</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0954 | 0,0949 | 0,0959 | 0,0959 | 0,0946 | <b>0,09534</b> | <b>0,000524</b> | <b>0,549436</b> | <b>0,095839</b> | <b>0,094841</b> |
| h [mm]                                                        | 3,78   | 2,86   | 3,82   | 3,84   | 3,82   | <b>3,624</b>   | <b>0,382497</b> | <b>10,55455</b> | <b>3,988668</b> | <b>3,259332</b> |

| 9.12.7.3) (3D vrstva, spodní vrstva, membrána, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,041  | 0,0414 | 0,0401 | 0,0401 | 0,0403 | <b>0,04058</b> | <b>0,000527</b> | <b>1,298368</b> | <b>0,041082</b> | <b>0,040078</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0949 | 0,0929 | 0,0964 | 0,0951 | 0,0982 | <b>0,0955</b>  | <b>0,001754</b> | <b>1,836495</b> | <b>0,097172</b> | <b>0,093828</b> |
| h [mm]                                                        | 3,89   | 3,85   | 3,84   | 3,82   | 3,96   | <b>3,872</b>   | <b>0,049558</b> | <b>1,279908</b> | <b>3,919248</b> | <b>3,824752</b> |

| 3.12.7.9) (vrchní vrstva, spodní vrstva, membrána, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0402 | 0,0402 | 0,0397 | 0,0396 | 0,0397 | <b>0,03988</b> | <b>0,000264</b> | <b>0,66153</b>  | <b>0,040132</b> | <b>0,039628</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0969 | 0,0942 | 0,0977 | 0,0969 | 0,0991 | <b>0,09696</b> | <b>0,001597</b> | <b>1,647068</b> | <b>0,098483</b> | <b>0,095437</b> |
| h [mm]                                                        | 2,9    | 3,79   | 3,88   | 3,84   | 3,94   | <b>3,67</b>    | <b>0,388124</b> | <b>10,57558</b> | <b>4,040032</b> | <b>3,299968</b> |

| 9.7.12.3) (3D vrstva, membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0413 | 0,0403 | 0,0407 | 0,0403 | 0,0403 | <b>0,04058</b> | <b>0,000392</b> | <b>0,965792</b> | <b>0,040954</b> | <b>0,040206</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0934 | 0,0967 | 0,0954 | 0,0954 | 0,0944 | <b>0,09506</b> | <b>0,001106</b> | <b>1,163078</b> | <b>0,096114</b> | <b>0,094006</b> |
| h [mm]                                                        | 3,86   | 3,9    | 3,88   | 3,85   | 3,8    | <b>3,858</b>   | <b>0,033705</b> | <b>0,873629</b> | <b>3,890134</b> | <b>3,825866</b> |

| 3.12.9.7) (vrchní vrstva, spodní vrstva, 3D vrstva, membrána) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0403 | 0,0398 | 0,04   | 0,0399 | 0,0391 | <b>0,03982</b> | <b>0,000397</b> | <b>0,996958</b> | <b>0,040198</b> | <b>0,039442</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0944 | 0,0983 | 0,0957 | 0,0969 | 0,098  | <b>0,09666</b> | <b>0,001454</b> | <b>1,504343</b> | <b>0,098046</b> | <b>0,095274</b> |
| h [mm]                                                        | 2,8    | 3,91   | 3,82   | 2,87   | 3,83   | <b>3,446</b>   | <b>0,500344</b> | <b>14,51956</b> | <b>3,923022</b> | <b>2,968978</b> |

| 7.9.12.3) membrána, 3D vrstva, spodní vrstva,, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0403 | 0,0409 | 0,0399 | 0,0409 | 0,0397 | <b>0,04034</b> | <b>0,000496</b> | <b>1,230508</b> | <b>0,040813</b> | <b>0,039867</b> |

| 7.9.12.3) membrána, 3D vrstva, spodní vrstva,, vrchní vrstva) |        |        |        |        |       | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0954 | 0,0936 | 0,0967 | 0,0952 | 0,096 | 0,09538 | 0,001032 | 1,08228  | 0,096364 | 0,094396 |
| h [mm]                                                        | 2,84   | 3,83   | 3,86   | 2,9    | 2,84  | 3,254   | 0,48314  | 14,84756 | 3,71462  | 2,79338  |

| 3.9.12.7) (vrchní vrstva, 3D vrstva, spodní vrstva, membrána) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1k-1]                                                   | 0,041  | 0,0405 | 0,0409 | 0,0412 | 0,0406 | 0,04084 | 0,000258 | 0,630955 | 0,041086 | 0,040594 |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0932 | 0,0959 | 0,089  | 0,0922 | 0,0957 | 0,0932  | 0,002537 | 2,722025 | 0,095619 | 0,090781 |
| h [mm]                                                        | 3,82   | 3,88   | 3,64   | 3,8    | 3,88   | 3,804   | 0,088    | 2,313354 | 3,887898 | 3,720102 |

| 7.12.9.3) (membrána, spodní vrstva, 3D vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1k-1]                                                   | 0,0415 | 0,0425 | 0,0399 | 0,0407 | 0,0399 | 0,0409  | 0,000996 | 2,435188 | 0,04185  | 0,03995  |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0929 | 0,0915 | 0,0949 | 0,0956 | 0,0964 | 0,09426 | 0,001803 | 1,912674 | 0,095979 | 0,092541 |
| h [mm]                                                        | 3,86   | 3,89   | 3,79   | 2,9    | 3,84   | 3,656   | 0,3794   | 10,37745 | 4,017715 | 3,294285 |

| 9.3.7.12) (3D vrstva, vrchní vrstva, membrána, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1k-1]                                                   | 0,041  | 0,0399 | 0,0402 | 0,0396 | 0,04   | 0,04014 | 0,000472 | 1,174871 | 0,04059  | 0,03969  |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0939 | 0,0944 | 0,0959 | 0,0975 | 0,0977 | 0,09588 | 0,001552 | 1,618991 | 0,09736  | 0,0944   |
| h [mm]                                                        | 3,85   | 3,76   | 3,86   | 3,86   | 3,91   | 3,848   | 0,048744 | 1,266742 | 3,894472 | 3,801528 |

| 12.7.3.9) (spodní vrstva, membrána, vrchní vrstva, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1k-1]                                                   | 0,0397 | 0,0405 | 0,0395 | 0,0408 | 0,0397 | 0,04004 | 0,000512 | 1,279346 | 0,040528 | 0,039552 |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0972 | 0,0962 | 0,0946 | 0,0917 | 0,0932 | 0,09458 | 0,001984 | 2,098053 | 0,096472 | 0,092688 |
| h [mm]                                                        | 3,86   | 3,9    | 3,74   | 3,74   | 3,7    | 3,788   | 0,077563 | 2,047594 | 3,861948 | 3,714052 |

| 9.3.12.7) (3D vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva, membrána) |        |        |        |       |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| λ [Wm-1k-1]                                                   | 0,0391 | 0,0394 | 0,0392 | 0,039 | 0,0399 | 0,03932 | 0,000319 | 0,81065  | 0,039624 | 0,039016 |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0993 | 0,098  | 0,0996 | 0,1   | 0,097  | 0,09878 | 0,001114 | 1,128033 | 0,099842 | 0,097718 |
| h [mm]                                                        | 3,88   | 3,86   | 3,91   | 3,91  | 3,87   | 3,886   | 0,020591 | 0,529883 | 3,905631 | 3,866369 |

| 7.12.3.9) (membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva, 3D vrstva) |  |  |  |  | x | s | v | 95%IS HM | 95%IS DM |
|---------------------------------------------------------------|--|--|--|--|---|---|---|----------|----------|
|---------------------------------------------------------------|--|--|--|--|---|---|---|----------|----------|

| 7.12.3.9) (membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0394 | 0,0401 | 0,0389 | 0,0389 | 0,0383 | <b>0,03912</b> | <b>0,000601</b> | <b>1,537147</b> | <b>0,039693</b> | <b>0,038547</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0993 | 0,0949 | 0,0969 | 0,0977 | 0,0972 | <b>0,0972</b>  | <b>0,001417</b> | <b>1,457859</b> | <b>0,098551</b> | <b>0,095849</b> |
| h [mm]                                                        | 3,91   | 3,8    | 3,77   | 3,8    | 3,72   | <b>3,8</b>     | <b>0,06229</b>  | <b>1,639201</b> | <b>3,859386</b> | <b>3,740614</b> |

| 9.12.3.7) (3D vrstva, spodní vrstva, vrchní vrstva, membrána) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0392 | 0,0391 | 0,0388 | 0,0386 | 0,0391 | <b>0,03896</b> | <b>0,000224</b> | <b>0,576231</b> | <b>0,039174</b> | <b>0,038746</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0988 | 0,098  | 0,0982 | 0,0982 | 0,0985 | <b>0,09834</b> | <b>0,00028</b>  | <b>0,284726</b> | <b>0,098607</b> | <b>0,098073</b> |
| h [mm]                                                        | 3,87   | 3,83   | 3,82   | 3,8    | 3,86   | <b>3,836</b>   | <b>0,025768</b> | <b>0,671747</b> | <b>3,860567</b> | <b>3,811433</b> |

| 7.3.12.9) (membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0388 | 0,0397 | 0,0392 | 0,0392 | 0,0385 | <b>0,03908</b> | <b>0,000407</b> | <b>1,041299</b> | <b>0,039468</b> | <b>0,038692</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0993 | 0,0972 | 0,0983 | 0,0964 | 0,0962 | <b>0,09748</b> | <b>0,001172</b> | <b>1,202305</b> | <b>0,098597</b> | <b>0,096363</b> |
| h [mm]                                                        | 3,86   | 3,86   | 3,86   | 3,78   | 3,7    | <b>3,812</b>   | <b>0,064</b>    | <b>1,678909</b> | <b>3,873017</b> | <b>3,750983</b> |

| 9.7.3.12) (3D vrstva, membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x             | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0395 | 0,0408 | 0,0402 | 0,0403 | 0,0397 | <b>0,0401</b> | <b>0,00046</b>  | <b>1,148216</b> | <b>0,040539</b> | <b>0,039661</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0985 | 0,0932 | 0,0957 | 0,0951 | 0,0985 | <b>0,0962</b> | <b>0,002051</b> | <b>2,132371</b> | <b>0,098156</b> | <b>0,094244</b> |
| h [mm]                                                        | 3,9    | 3,8    | 3,84   | 3,83   | 3,91   | <b>3,856</b>  | <b>0,042237</b> | <b>1,095369</b> | <b>3,896269</b> | <b>3,815731</b> |

| 12.3.7.9) (spodní vrstva, vrchní vrstva, membrána, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|---------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                           | 0,0403 | 0,0412 | 0,0397 | 0,0396 | 0,0403 | <b>0,04022</b> | <b>0,000571</b> | <b>1,418731</b> | <b>0,040764</b> | <b>0,039676</b> |
| r [K m2W-1]                                                   | 0,0936 | 0,0962 | 0,0972 | 0,0988 | 0,0951 | <b>0,09618</b> | <b>0,001774</b> | <b>1,844026</b> | <b>0,097871</b> | <b>0,094489</b> |
| h [mm]                                                        | 3,78   | 3,96   | 3,87   | 3,91   | 3,84   | <b>3,872</b>   | <b>0,061123</b> | <b>1,578585</b> | <b>3,930274</b> | <b>3,813726</b> |

| 12.9.3.7) (spodní vrstva, 3D vrstva, vrchní vrstva, PU vrstva) |        |        |       |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|----------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                            | 0,0468 | 0,0433 | 0,043 | 0,046  | 0,0428 | <b>0,04438</b> | <b>0,001676</b> | <b>3,776895</b> | <b>0,045978</b> | <b>0,042782</b> |
| r [K m2W-1]                                                    | 0,102  | 0,103  | 0,102 | 0,0983 | 0,1    | <b>0,10106</b> | <b>0,001689</b> | <b>1,671776</b> | <b>0,102671</b> | <b>0,099449</b> |
| h [mm]                                                         | 4,58   | 4,6    | 4,61  | 4,59   | 4,63   | <b>4,602</b>   | <b>0,017205</b> | <b>0,373852</b> | <b>4,618403</b> | <b>4,585597</b> |

| 7.3.9.12) (PU membrana, vrchní vrstva, 3D vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0425 | 0,0428 | 0,0429 | 0,0413 | 0,0417 | <b>0,04224</b> | <b>0,000631</b> | <b>1,494293</b> | <b>0,042842</b> | <b>0,041638</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,112  | 0,114  | 0,116  | 0,116  | 0,125  | <b>0,1166</b>  | <b>0,004454</b> | <b>3,820078</b> | <b>0,120847</b> | <b>0,112353</b> |
| h [mm]                                                           | 4,35   | 4,4    | 4,41   | 4,6    | 4,38   | <b>4,428</b>   | <b>0,088408</b> | <b>1,996571</b> | <b>4,512287</b> | <b>4,343713</b> |

| 12.3.9.7) (spodní vrstva, vrchní vrstva, 3D vrstva, Pumembrána) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                             | 0,0403 | 0,0398 | 0,0411 | 0,0399 | 0,0391 | <b>0,04004</b> | <b>0,000656</b> | <b>1,638483</b> | <b>0,040665</b> | <b>0,039415</b> |
| r [K m2W-1]                                                     | 0,0944 | 0,0983 | 0,0957 | 0,0985 | 0,098  | <b>0,09698</b> | <b>0,001636</b> | <b>1,687294</b> | <b>0,09854</b>  | <b>0,09542</b>  |
| h [mm]                                                          | 3,8    | 3,91   | 3,82   | 3,7    | 3,9    | <b>3,826</b>   | <b>0,076315</b> | <b>1,994645</b> | <b>3,898758</b> | <b>3,753242</b> |

| 7.9.3.12) PU membrána, 3D vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                             | 0,0403 | 0,0409 | 0,0421 | 0,0409 | 0,0397 | <b>0,04078</b> | <b>0,000796</b> | <b>1,951913</b> | <b>0,041539</b> | <b>0,040021</b> |
| r [K m2W-1]                                                     | 0,0954 | 0,0936 | 0,0987 | 0,0952 | 0,096  | <b>0,09578</b> | <b>0,001662</b> | <b>1,735024</b> | <b>0,097364</b> | <b>0,094196</b> |
| h [mm]                                                          | 3,84   | 3,83   | 3,91   | 3,9    | 3,84   | <b>3,864</b>   | <b>0,033823</b> | <b>0,875338</b> | <b>3,896247</b> | <b>3,831753</b> |

| 4.8.13) FR3 REX 3 vrstvý (vrchní vrstva, PU membrána, spodní vrstva) toto uspořádání výrobce vyrábí |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                                                                 | 0,0424 | 0,0406 | 0,0414 | 0,0422 | 0,0415 | <b>0,04162</b> | <b>0,00064</b>  | <b>1,537722</b> | <b>0,04223</b>  | <b>0,04101</b>  |
| r [K m2W-1]                                                                                         | 0,0858 | 0,103  | 0,0837 | 0,0806 | 0,0846 | <b>0,08754</b> | <b>0,007919</b> | <b>9,046716</b> | <b>0,09509</b>  | <b>0,07999</b>  |
| h [mm]                                                                                              | 2,64   | 3,17   | 2,47   | 2,4    | 2,51   | <b>2,638</b>   | <b>0,277229</b> | <b>10,50907</b> | <b>2,902307</b> | <b>2,373693</b> |

| 13.8.4) (spodní vrstva, PU membrána, vrchní vrstva ) |        |        |        |        |        | x             | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                  | 0,0421 | 0,0432 | 0,0404 | 0,0425 | 0,0418 | <b>0,042</b>  | <b>0,000927</b> | <b>2,208004</b> | <b>0,042884</b> | <b>0,041116</b> |
| r [K m2W-1]                                          | 0,08   | 0,101  | 0,0827 | 0,0823 | 0,083  | <b>0,0858</b> | <b>0,007673</b> | <b>8,942972</b> | <b>0,093115</b> | <b>0,078485</b> |
| h [mm]                                               | 2,45   | 3,08   | 2,52   | 2,44   | 2,49   | <b>2,596</b>  | <b>0,243688</b> | <b>9,38707</b>  | <b>2,828329</b> | <b>2,363671</b> |

| 8.4.13) (PU membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva s podšívkou) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                             | 0,0432 | 0,0468 | 0,0447 | 0,0448 | 0,0451 | <b>0,04492</b> | <b>0,001148</b> | <b>2,55536</b>  | <b>0,046014</b> | <b>0,043826</b> |
| r [K m2W-1]                                                     | 0,0714 | 0,0701 | 0,0766 | 0,0725 | 0,0757 | <b>0,07326</b> | <b>0,002495</b> | <b>3,406055</b> | <b>0,075639</b> | <b>0,070881</b> |



| 8.4.13) (PU membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva s podšívkou) |      |      |      |      |      | x     | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|----------|----------|----------|----------|
| h [mm]                                                          | 3,08 | 2,28 | 2,43 | 2,24 | 2,41 | 2,488 | 0,304854 | 12,25298 | 2,778644 | 2,197356 |

| 13.4.8) (spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                 | 0,044  | 0,0451 | 0,043  | 0,0455 | 0,0445 | 0,04442 | 0,000875 | 1,969801 | 0,045254 | 0,043586 |
| r [K m2W-1]                                         | 0,0708 | 0,0737 | 0,0839 | 0,0692 | 0,0751 | 0,07454 | 0,005121 | 6,870367 | 0,079422 | 0,069658 |
| h [mm]                                              | 3,12   | 2,34   | 2,61   | 3,15   | 3,34   | 2,912   | 0,374561 | 12,86267 | 3,269102 | 2,554898 |

| 8.13.4) (PU membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                 | 0,0484 | 0,0458 | 0,0453 | 0,0443 | 0,0433 | 0,04542 | 0,00172  | 3,786366 | 0,04706  | 0,04378  |
| r [K m2W-1]                                         | 0,0655 | 0,0753 | 0,0701 | 0,0789 | 0,0726 | 0,07248 | 0,004551 | 6,279277 | 0,076819 | 0,068141 |
| h [mm]                                              | 2,17   | 2,45   | 2,18   | 2,5    | 2,15   | 2,29    | 0,152184 | 6,645594 | 2,43509  | 2,14491  |

| 4.13.8) (vrchní vrstva, spodní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                 | 0,0462 | 0,0433 | 0,0459 | 0,0457 | 0,0436 | 0,04494 | 0,001231 | 2,738339 | 0,046113 | 0,043767 |
| r [K m2W-1]                                         | 0,0684 | 0,0875 | 0,0686 | 0,0749 | 0,082  | 0,07628 | 0,007505 | 9,838103 | 0,083435 | 0,069125 |
| h [mm]                                              | 3,16   | 1,81   | 3,15   | 3,43   | 2,49   | 2,808   | 0,587347 | 20,9169  | 3,367969 | 2,248031 |

| 4.9.8.13) FR3 REX 4- vrstvý (vrchní vrstva, 3D vrstva, PU membrána, spodní vrstva) vyráběno výrobcem |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                                                                  | 0,0402 | 0,0415 | 0,0399 | 0,0406 | 0,0401 | 0,04046 | 0,000568 | 1,403368 | 0,041001 | 0,039919 |
| r [K m2W-1]                                                                                          | 0,117  | 0,102  | 0,15   | 0,106  | 0,107  | 0,1164  | 0,017511 | 15,04393 | 0,133095 | 0,099705 |
| h [mm]                                                                                               | 2,68   | 2,26   | 1,806  | 3,31   | 3,28   | 2,6672  | 0,58247  | 21,83826 | 3,22252  | 2,11188  |

| 13.8.9.4) (vrchní vrstva, spodní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x      | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                   | 0,0405 | 0,0402 | 0,0409 | 0,0409 | 0,0405 | 0,0406 | 0,000268 | 0,660907 | 0,040856 | 0,040344 |
| r [K m2W-1]                                           | 0,145  | 0,106  | 0,142  | 0,105  | 0,141  | 0,1278 | 0,018258 | 14,2865  | 0,145207 | 0,110393 |
| h [mm]                                                | 3,36   | 3,25   | 3,83   | 3,29   | 3,69   | 3,484  | 0,232345 | 6,668903 | 3,705514 | 3,262486 |

| 4.8.9.13) (vrchní vrstva, PU membrána, 3D vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0446 | 0,0462 | 0,0434 | 0,0448 | 0,0457 | <b>0,04494</b> | <b>0,000967</b> | <b>2,150965</b> | <b>0,045862</b> | <b>0,044018</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,104  | 0,0956 | 0,107  | 0,103  | 0,0977 | <b>0,10146</b> | <b>0,004195</b> | <b>4,134678</b> | <b>0,10546</b>  | <b>0,09746</b>  |
| h [mm]                                                           | 3,65   | 3,41   | 1,64   | 3,62   | 3,47   | <b>3,158</b>   | <b>0,764288</b> | <b>24,20164</b> | <b>3,886663</b> | <b>2,429337</b> |

| 13.9.8.4) (spodní vrstva, 3D vrstva, PU membrána, vrchní vrstva) |       |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,046 | 0,0465 | 0,0445 | 0,0443 | 0,0424 | <b>0,04474</b> | <b>0,001443</b> | <b>3,225419</b> | <b>0,046116</b> | <b>0,043364</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,104 | 0,0941 | 0,107  | 0,0985 | 0,111  | <b>0,10292</b> | <b>0,006007</b> | <b>5,836698</b> | <b>0,108647</b> | <b>0,097193</b> |
| h [mm]                                                           | 1,8   | 3,38   | 1,75   | 3,36   | 1,69   | <b>2,396</b>   | <b>0,796055</b> | <b>33,22434</b> | <b>3,154949</b> | <b>1,637051</b> |

| 8.4.9.13) (Pu membrána, vrchní vrstva, 3D vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |       | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0474 | 0,0458 | 0,0456 | 0,0468 | 0,045 | <b>0,04612</b> | <b>0,000863</b> | <b>1,872249</b> | <b>0,046943</b> | <b>0,045297</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,098  | 0,0951 | 0,102  | 0,0915 | 0,102 | <b>0,09772</b> | <b>0,004056</b> | <b>4,150945</b> | <b>0,101587</b> | <b>0,093853</b> |
| h [mm]                                                           | 3,64   | 3,36   | 3,66   | 3,29   | 3,58  | <b>3,506</b>   | <b>0,151737</b> | <b>4,327913</b> | <b>3,650664</b> | <b>3,361336</b> |

| 13.9.4.8) (spodní vrstva, 3D vrstva, vrchní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0495 | 0,0505 | 0,0464 | 0,0458 | 0,045  | <b>0,04744</b> | <b>0,00216</b>  | <b>4,55351</b>  | <b>0,049499</b> | <b>0,045381</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,0872 | 0,0908 | 0,0929 | 0,1    | 0,0959 | <b>0,09336</b> | <b>0,004365</b> | <b>4,675103</b> | <b>0,097521</b> | <b>0,089199</b> |
| h [mm]                                                           | 3,31   | 3,58   | 3,31   | 3,6    | 3,32   | <b>3,424</b>   | <b>0,135735</b> | <b>3,964224</b> | <b>3,553408</b> | <b>3,294592</b> |

| 4.13.8.9) (vrchní vrstva, spodní vrstva, Pu membrána, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x              | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0428 | 0,0425 | 0,0437 | 0,0415 | 0,0407 | <b>0,04224</b> | <b>0,001042</b> | <b>2,467578</b> | <b>0,043234</b> | <b>0,041246</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,12   | 0,108  | 0,1    | 0,11   | 0,108  | <b>0,1092</b>  | <b>0,0064</b>   | <b>5,860806</b> | <b>0,115302</b> | <b>0,103098</b> |
| h [mm]                                                           | 3,94   | 3,58   | 3,37   | 3,59   | 3,41   | <b>3,578</b>   | <b>0,201336</b> | <b>5,627041</b> | <b>3,769951</b> | <b>3,386049</b> |

| 9.8.13.4) (3D vrstva, PU membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |       |        | x            | s               | v               | 95%IS HM        | 95%IS DM        |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0436 | 0,0435 | 0,0428 | 0,042 | 0,0431 | <b>0,043</b> | <b>0,000576</b> | <b>1,339987</b> | <b>0,043549</b> | <b>0,042451</b> |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,109  | 0,101  | 0,112  | 0,103 | 0,11   | <b>0,107</b> | <b>0,004243</b> | <b>3,965085</b> | <b>0,111045</b> | <b>0,102955</b> |
| h [mm]                                                           | 3,74   | 3,41   | 3,78   | 3,33  | 3,74   | <b>3,74</b>  | <b>0,198461</b> | <b>5,306437</b> | <b>3,92921</b>  | <b>3,55079</b>  |

| <b>4.13.9.8) (vrchní vrstva, spodní vrstva, 3D vrstva, PU membrána)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0454 | 0,0486 | 0,0432 | 0,0448 | 0,0436 | <b>0,04512</b> | <b>0,001912</b> | <b>4,238664</b> | <b>0,046943</b> | <b>0,043297</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,0944 | 0,0999 | 0,098  | 0,0986 | 0,11   | <b>0,10018</b> | <b>0,005238</b> | <b>5,228298</b> | <b>0,105174</b> | <b>0,095186</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,29   | 3,85   | 4,23   | 4,41   | 3,82   | <b>4,12</b>    | <b>0,24</b>     | <b>5,825243</b> | <b>4,348813</b> | <b>3,891187</b> |

| <b>8.9.13.4) (PU membrána, 3D vrstva, spodní vrstva, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0478 | 0,0485 | 0,0494 | 0,0455 | 0,0455 | <b>0,04734</b> | <b>0,001586</b> | <b>3,349569</b> | <b>0,048852</b> | <b>0,045828</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,092  | 0,0936 | 0,098  | 0,0929 | 0,104  | <b>0,0961</b>  | <b>0,004457</b> | <b>4,637778</b> | <b>0,100349</b> | <b>0,091851</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,39   | 4,54   | 3,84   | 4,23   | 2,74   | <b>3,948</b>   | <b>0,6475</b>   | <b>16,4007</b>  | <b>4,565318</b> | <b>3,330682</b> |

| <b>4.8.13.9) (vrchní vrstva, PU membrána, spodní vrstva, 3D vrstva)</b> |        |       |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0454 | 0,042 | 0,0449 | 0,0446 | 0,0435 | <b>0,04408</b> | <b>0,001212</b> | <b>2,75016</b>  | <b>0,045236</b> | <b>0,042924</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,0988 | 0,102 | 0,102  | 0,0977 | 0,104  | <b>0,1009</b>  | <b>0,00231</b>  | <b>2,289374</b> | <b>0,103102</b> | <b>0,098698</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,49   | 4,29  | 4,58   | 4,35   | 4,54   | <b>4,45</b>    | <b>0,111535</b> | <b>2,506399</b> | <b>4,556336</b> | <b>4,343664</b> |

| <b>9.13.8.4) (3D vrstva, spodní vrstva, PU membrána, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0442 | 0,0446 | 0,0437 | 0,0425 | 0,0441 | <b>0,04382</b> | <b>0,000719</b> | <b>1,641817</b> | <b>0,044506</b> | <b>0,043134</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,0988 | 0,105  | 0,0999 | 0,107  | 0,1    | <b>0,10214</b> | <b>0,003242</b> | <b>3,17405</b>  | <b>0,105231</b> | <b>0,099049</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,37   | 3,68   | 4,37   | 4,27   | 4,41   | <b>4,22</b>    | <b>0,273934</b> | <b>6,491334</b> | <b>4,481166</b> | <b>3,958834</b> |

| <b>4.9.13.8) (vrchní vrstva, 3D vrstva, spodní vrstva, PU membrána)</b> |        |        |        |       |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0485 | 0,0471 | 0,0471 | 0,044 | 0,0466 | <b>0,04666</b> | <b>0,001473</b> | <b>3,157368</b> | <b>0,048065</b> | <b>0,045255</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,0972 | 0,0959 | 0,0982 | 0,097 | 0,101  | <b>0,09786</b> | <b>0,001732</b> | <b>1,769455</b> | <b>0,099511</b> | <b>0,096209</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 3,72   | 4,52   | 3,64   | 4,27  | 3,69   | <b>3,968</b>   | <b>0,358408</b> | <b>9,032449</b> | <b>4,309701</b> | <b>3,626299</b> |

| <b>8.13.9.4) (PU membrána, spodní vrstva, 3D vrstva, vrchní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0487 | 0,0486 | 0,0471 | 0,0476 | 0,0476 | <b>0,04792</b> | <b>0,000624</b> | <b>1,302545</b> | <b>0,048515</b> | <b>0,047325</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,091  | 0,0936 | 0,0922 | 0,0901 | 0,0961 | <b>0,0926</b>  | <b>0,002108</b> | <b>2,276544</b> | <b>0,09461</b>  | <b>0,09059</b>  |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,43   | 4,56   | 4,34   | 4,29   | 4,58   | <b>4,44</b>    | <b>0,115412</b> | <b>2,599376</b> | <b>4,550033</b> | <b>4,329967</b> |

| 8.9.4.13) (PU membrána, 3D vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva) |       |        |       |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,045 | 0,0433 | 0,043 | 0,044  | 0,0428 | 0,04362 | 0,000801 | 1,836312 | 0,044384 | 0,042856 |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,102 | 0,103  | 0,107 | 0,0983 | 0,11   | 0,10406 | 0,004061 | 3,902873 | 0,107932 | 0,100188 |
| h [mm]                                                           | 4,58  | 4,48   | 3,61  | 4,33   | 3,72   | 4,144   | 0,40063  | 9,6677   | 4,525955 | 3,762045 |

| 13.4.9.8) (spodní vrstva, vrchní vrstva, 3D vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x      | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0425 | 0,0428 | 0,0417 | 0,0413 | 0,0417 | 0,042  | 0,000559 | 1,329928 | 0,042533 | 0,041467 |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,102  | 0,114  | 0,106  | 0,116  | 0,105  | 0,1086 | 0,005426 | 4,996192 | 0,113773 | 0,103427 |
| h [mm]                                                           | 4,35   | 3,89   | 4,41   | 3,81   | 4,38   | 4,168  | 0,261565 | 6,27554  | 4,417372 | 3,918628 |

| 8.13.4.9) (PU membrána, spodní vrstva, vrchní vrstva, 3D vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0407 | 0,0417 | 0,0414 | 0,0409 | 0,0407 | 0,04108 | 0,000402 | 0,978566 | 0,041463 | 0,040697 |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,112  | 0,111  | 0,105  | 0,112  | 0,106  | 0,1092  | 0,003059 | 2,801659 | 0,112117 | 0,106283 |
| h [mm]                                                           | 4,57   | 3,64   | 4,34   | 2,6    | 4,33   | 3,896   | 0,719016 | 18,45524 | 4,581501 | 3,210499 |

| 9.4.13.8) (3D vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva, PU membrána) |        |       |        |        |        | x      | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0426 | 0,042 | 0,0437 | 0,0413 | 0,0414 | 0,0422 | 0,000883 | 2,092834 | 0,043042 | 0,041358 |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,114  | 0,103 | 0,112  | 0,105  | 0,118  | 0,1104 | 0,005607 | 5,07893  | 0,115746 | 0,105054 |
| h [mm]                                                           | 2,85   | 4,33  | 3,88   | 4,33   | 3,87   | 3,852  | 0,540755 | 14,03829 | 4,367549 | 3,336451 |

| 8.4.13.9) (PU membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva, 3D vrstva) |        |        |       |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0436 | 0,0438 | 0,043 | 0,0435 | 0,0454 | 0,04386 | 0,000814 | 1,855631 | 0,044636 | 0,043084 |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,106  | 0,102  | 0,106 | 0,101  | 0,102  | 0,1034  | 0,002154 | 2,083236 | 0,105454 | 0,101346 |
| h [mm]                                                           | 2,62   | 4,46   | 4,55  | 4,38   | 3,64   | 3,93    | 0,730479 | 18,58726 | 4,62643  | 3,23357  |

| 9.13.4.8) (3D vrstva, spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                              | 0,0463 | 0,0466 | 0,0445 | 0,0453 | 0,0453 | 0,0456  | 0,000759 | 1,664357 | 0,046324 | 0,044876 |
| r [K m2W-1]                                                      | 0,0961 | 0,0977 | 0,0999 | 0,109  | 0,097  | 0,09994 | 0,004701 | 4,703716 | 0,104422 | 0,095458 |
| h [mm]                                                           | 4,45   | 4,56   | 4,45   | 2,93   | 4,39   | 4,156   | 0,615454 | 14,80881 | 4,742767 | 3,569233 |

| <b>9.4.8.13) (3D vrstva, vrchní vrstva, PU membrána, spodní vrstva)</b> |        |        |        |        |       | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0416 | 0,0483 | 0,0413 | 0,0415 | 0,041 | <b>0,04274</b> | <b>0,002788</b> | <b>6,522096</b> | <b>0,045398</b> | <b>0,040082</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,107  | 0,109  | 0,111  | 0,12   | 0,109 | <b>0,1112</b>  | <b>0,004578</b> | <b>4,117095</b> | <b>0,115565</b> | <b>0,106835</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,46   | 3,238  | 4,57   | 2,97   | 4,48  | <b>3,9436</b>  | <b>0,691743</b> | <b>17,54089</b> | <b>4,603099</b> | <b>3,284101</b> |

| <b>13.8.4.9) (spodní vrstva, PU membrána, vrchní vrstva, 3D vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0414 | 0,0412 | 0,0418 | 0,0415 | 0,0415 | <b>0,04148</b> | <b>0,000194</b> | <b>0,467472</b> | <b>0,041665</b> | <b>0,041295</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,114  | 0,11   | 0,112  | 0,109  | 0,112  | <b>0,1114</b>  | <b>0,001744</b> | <b>1,565134</b> | <b>0,113062</b> | <b>0,109738</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 3,71   | 4,52   | 3,68   | 4,53   | 3,62   | <b>4,012</b>   | <b>0,419876</b> | <b>10,46551</b> | <b>4,412305</b> | <b>3,611695</b> |

| <b>9.8.4.13) (3D vrstva, PU membrána, vrchní vrstva, spodní vrstva)</b> |        |        |        |       |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0435 | 0,0421 | 0,0436 | 0,042 | 0,0419 | <b>0,04262</b> | <b>0,000763</b> | <b>1,789364</b> | <b>0,043347</b> | <b>0,041893</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,11   | 0,107  | 0,108  | 0,108 | 0,115  | <b>0,1096</b>  | <b>0,002871</b> | <b>2,619106</b> | <b>0,112337</b> | <b>0,106863</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 3,78   | 4,5    | 3,72   | 4,52  | 2,8    | <b>3,864</b>   | <b>0,63162</b>  | <b>16,34628</b> | <b>4,466179</b> | <b>3,261821</b> |

| <b>13.4.8.9) (spodní vrstva, vrchní vrstva, PU membrána, 3D vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>      | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                      | 0,0416 | 0,0407 | 0,0405 | 0,0406 | 0,0406 | <b>0,0408</b> | <b>0,000405</b> | <b>0,992571</b> | <b>0,041186</b> | <b>0,040414</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                      | 0,108  | 0,112  | 0,117  | 0,11   | 0,117  | <b>0,1128</b> | <b>0,003655</b> | <b>3,240366</b> | <b>0,116285</b> | <b>0,109315</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                           | 4,48   | 4,57   | 4,72   | 4,45   | 3,73   | <b>4,39</b>   | <b>0,343103</b> | <b>7,815569</b> | <b>4,717111</b> | <b>4,062889</b> |

| <b>2.6.11) HR3 Petr 3-vrstvý (vrchní vrstva, vnitřní izolační vrstva, spodní vrstva)</b> |        |        |        |        |        | <b>x</b>       | <b>s</b>        | <b>v</b>        | <b>95%IS HM</b> | <b>95%IS DM</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>λ [Wm-1k-1]</b>                                                                       | 0,0615 | 0,0612 | 0,0525 | 0,0568 | 0,0553 | <b>0,05746</b> | <b>0,003464</b> | <b>6,029321</b> | <b>0,060763</b> | <b>0,054157</b> |
| <b>r [K m2W-1]</b>                                                                       | 0,085  | 0,0846 | 0,11   | 0,0911 | 0,0912 | <b>0,09238</b> | <b>0,009257</b> | <b>10,02089</b> | <b>0,101206</b> | <b>0,083554</b> |
| <b>h [mm]</b>                                                                            | 4,23   | 4,18   | 3,74   | 4,15   | 4,09   | <b>4,078</b>   | <b>0,174974</b> | <b>4,290689</b> | <b>4,244818</b> | <b>3,911182</b> |

| 11.6.2) (spodní vrstva, vnitřní izolační vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x      | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                             | 0,0656 | 0,0627 | 0,0603 | 0,0527 | 0,0562 | 0,0595 | 0,004587 | 7,709872 | 0,063874 | 0,055126 |
| r [K m2W-1]                                                     | 0,0776 | 0,0833 | 0,0844 | 0,0972 | 0,092  | 0,0869 | 0,006896 | 7,935991 | 0,093475 | 0,080325 |
| h [mm]                                                          | 3,23   | 4,09   | 4,13   | 4,17   | 4,11   | 3,946  | 0,358976 | 9,097221 | 4,288244 | 3,603756 |

| 2.11.6) (vrchní vrstva, spodní vrstva, vnitřní vrstva) |        |        |       |       |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|--------------------------------------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                    | 0,0599 | 0,06   | 0,053 | 0,059 | 0,0598 | 0,05834 | 0,002693 | 4,616728 | 0,060908 | 0,055772 |
| r [K m2W-1]                                            | 0,084  | 0,0847 | 0,09  | 0,091 | 0,089  | 0,08774 | 0,002848 | 3,245813 | 0,090455 | 0,085025 |
| h [mm]                                                 | 4,2    | 4,1    | 4,22  | 4,18  | 4,08   | 4,156   | 0,055714 | 1,340557 | 4,209117 | 4,102883 |

| 6.11.2) (vnitřní vrstva, spodní vrstva, vrchní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|--------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                    | 0,0658 | 0,0637 | 0,0623 | 0,0597 | 0,0569 | 0,06168 | 0,003105 | 5,034197 | 0,06464  | 0,05872  |
| r [K m2W-1]                                            | 0,0786 | 0,0843 | 0,0854 | 0,0922 | 0,094  | 0,0869  | 0,005593 | 6,435964 | 0,092232 | 0,081568 |
| h [mm]                                                 | 4,13   | 4,19   | 4,23   | 4,19   | 4,21   | 4,19    | 0,033466 | 0,798721 | 4,221906 | 4,158094 |

| 6.2.11) (vnitřní izolační vrstva, vrchní vrstva, spodní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|-----------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                             | 0,0613 | 0,0616 | 0,0625 | 0,0668 | 0,0653 | 0,0635  | 0,002172 | 3,419898 | 0,06557  | 0,06143  |
| r [K m2W-1]                                                     | 0,0855 | 0,0843 | 0,1    | 0,0919 | 0,0916 | 0,09066 | 0,005599 | 6,175585 | 0,095998 | 0,085322 |
| h [mm]                                                          | 4,33   | 3,9    | 3,77   | 4,05   | 4,09   | 4,028   | 0,188934 | 4,690513 | 4,208127 | 3,847873 |

| 11.2.6) (spodní vrstva, vrchní vrstva, vnitřní vrstva) |        |        |        |        |        | x       | s        | v        | 95%IS HM | 95%IS DM |
|--------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|----------|----------|----------|
| $\lambda$ [Wm-1k-1]                                    | 0,0655 | 0,0623 | 0,0609 | 0,0529 | 0,0569 | 0,0597  | 0,00438  | 7,336607 | 0,063876 | 0,055524 |
| r [K m2W-1]                                            | 0,0766 | 0,0853 | 0,0849 | 0,0975 | 0,0929 | 0,08744 | 0,007205 | 8,239807 | 0,094309 | 0,080571 |
| h [mm]                                                 | 3,53   | 3,59   | 3,73   | 4,17   | 3,31   | 3,666   | 0,286049 | 7,802754 | 3,938716 | 3,393284 |

**Příloha č. 3. Hodnoty tepelného komfortu [*clo*] dle normy ISO 7730 [52]**

| Garment                            | $I_{clu}$ |                 | Change of optimum operative temperature, °C |
|------------------------------------|-----------|-----------------|---------------------------------------------|
|                                    | clo       | $m^2 \cdot K/W$ |                                             |
| <b>Underwear</b>                   |           |                 |                                             |
| Panties                            | 0,03      | 0,005           | 0,2                                         |
| Underpants with long legs          | 0,10      | 0,016           | 0,6                                         |
| Singlet                            | 0,04      | 0,006           | 0,3                                         |
| T-shirt                            | 0,09      | 0,014           | 0,6                                         |
| Shirt with long sleeves            | 0,12      | 0,019           | 0,8                                         |
| Panties and bra                    | 0,03      | 0,005           | 0,2                                         |
| <b>Shirts/Blouses</b>              |           |                 |                                             |
| Short sleeves                      | 0,15      | 0,023           | 0,9                                         |
| Light-weight, long sleeves         | 0,20      | 0,031           | 1,3                                         |
| Normal, long sleeves               | 0,25      | 0,039           | 1,6                                         |
| Flannel shirt, long sleeves        | 0,30      | 0,047           | 1,9                                         |
| Light-weight blouse, long sleeves  | 0,15      | 0,023           | 0,9                                         |
| <b>Trousers</b>                    |           |                 |                                             |
| Shorts                             | 0,06      | 0,009           | 0,4                                         |
| Light-weight                       | 0,20      | 0,031           | 1,3                                         |
| Normal                             | 0,25      | 0,039           | 1,6                                         |
| Flannel                            | 0,28      | 0,043           | 1,7                                         |
| <b>Dresses/Skirts</b>              |           |                 |                                             |
| Light skirts (summer)              | 0,15      | 0,023           | 0,9                                         |
| Heavy skirt (winter)               | 0,25      | 0,039           | 1,6                                         |
| Light dress, short sleeves         | 0,20      | 0,031           | 1,3                                         |
| Winter dress, long sleeves         | 0,40      | 0,062           | 2,5                                         |
| Boiler suit                        | 0,55      | 0,085           | 3,4                                         |
| <b>Sweaters</b>                    |           |                 |                                             |
| Sleeveless vest                    | 0,12      | 0,019           | 0,8                                         |
| Thin sweater                       | 0,20      | 0,031           | 1,3                                         |
| Sweater                            | 0,28      | 0,043           | 1,7                                         |
| Thick sweater                      | 0,35      | 0,054           | 2,2                                         |
| <b>Jackets</b>                     |           |                 |                                             |
| Light, summer jacket               | 0,25      | 0,039           | 1,6                                         |
| Jacket                             | 0,35      | 0,054           | 2,2                                         |
| Smock                              | 0,30      | 0,047           | 1,9                                         |
| <b>High-insulative, fibre-pelt</b> |           |                 |                                             |
| Boiler suit                        | 0,90      | 0,140           | 5,6                                         |
| Trousers                           | 0,35      | 0,054           | 2,2                                         |
| Jacket                             | 0,40      | 0,062           | 2,5                                         |
| Vest                               | 0,20      | 0,031           | 1,3                                         |
| <b>Outdoor clothing</b>            |           |                 |                                             |
| Coat                               | 0,60      | 0,093           | 3,7                                         |
| Down jacket                        | 0,55      | 0,085           | 3,4                                         |
| Parka                              | 0,70      | 0,109           | 4,3                                         |
| Fibre-pelt overalls                | 0,55      | 0,085           | 3,4                                         |
| <b>Sundries</b>                    |           |                 |                                             |
| Socks                              | 0,02      | 0,003           | 0,1                                         |
| Thick, ankle socks                 | 0,05      | 0,008           | 0,3                                         |
| Thick, long socks                  | 0,10      | 0,016           | 0,6                                         |
| Nylon stockings                    | 0,03      | 0,005           | 0,2                                         |
| Shoes (thin soled)                 | 0,02      | 0,003           | 0,1                                         |
| Shoes (thick soled)                | 0,04      | 0,006           | 0,3                                         |
| Boots                              | 0,10      | 0,016           | 0,6                                         |
| Gloves                             | 0,05      | 0,008           | 0,3                                         |